



CHRISTIAN RAFAEL STRABELI PORTUGAL

**VISUALIZAÇÃO DE DADOS DE REDES DE
SENSORES SEM FIOS ATRAVÉS DE
REALIDADE AUMENTADA**

LAVRAS – MG

2013

CHRISTIAN RAFAEL STRABELI PORTUGAL

**VISUALIZAÇÃO DE DADOS DE REDES DE SENSORES SEM FIOS
ATRAVÉS DE REALIDADE AUMENTADA**

Monografia apresentada ao Colegiado do Curso de
Ciência da Computação, para a obtenção do título
de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador

Prof. Dr. Tales Heimfarth

LAVRAS – MG

2013

CHRISTIAN RAFAEL STRABELI PORTUGAL

**VISUALIZAÇÃO DE DADOS DE REDES DE SENSORES SEM FIOS
ATRAVÉS DE REALIDADE AUMENTADA**

Monografia apresentada ao Colegiado do Curso de
Ciência da Computação, para a obtenção do título
de Bacharel em Ciência da Computação.

APROVADA em 08 de Abril de 2013.

Prof. Dra. Ana Paula Piovesan Melchiori

POLI/USP-SP

Prof. Dr. Raphael Winckler de Bettio

UFSC

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Tales Heimfarth', is written over the printed name.

Prof. Dr. Tales Heimfarth

(Orientador)

LAVRAS – MG

2013

Dedico esta monografia a minha família pela confiança e apoio fornecido e a todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer, com muita humildade, a Deus, nosso Pai e Criador de todas as coisas, a oportunidade de ter convivido com pessoas que muito contribuíram para o sucesso desta etapa de aprendizagem da minha vida.

À minha família e de maneira muito especial aos meus pais Francisco Paulo Bertuso Portugal e Nelira Strabeli Portugal, pelo carinho, atenção, compreensão e apoio recebidos, que tornaram possível a realização deste sonho.

Meus sinceros agradecimentos ao meu orientador Prof. Dr. Tales Heimfarth que viabilizou a realização deste trabalho, pelo compromisso assumido, pelos ensinamentos e orientações, pelo estímulo e confiança demonstrados.

A todos os colegas do curso, pela oportunidade de convivência nos estudos e nas lições devidas que juntos tivemos de aprender. A todos os professores e funcionários da Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade única que me proporcionaram de trocar ideias e receber colaborações valiosas.

Por fim, agradeço a todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos de mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

RESUMO

Neste trabalho é tratado o problema de visualização de dados nas Redes de Sensores Sem Fios. Para alcançar uma solução viável, foi criado um novo modelo para exibir os dados neste tipo de rede. Neste modelo os dados da rede são obtidos por meio da conexão *WiFi* ou *Bluetooth* e a apresentação das informações é feita pela Realidade Aumentada em um dispositivo móvel. O resultado deste trabalho deu-se por meio da comparação de outros aplicativos utilizados para visualização dos dados de uma Rede de Sensores Sem Fios, bem como a comparação com software de apresentação de informações de rede utilizando Realidade Aumentada. Foi possível comprovar a partir dos resultados obtidos que o aplicativo *GruibiAR* possibilitou a visualização dos dados da Rede de Sensores Sem Fios com entendimento intuitivo da origem das informações. Tais comprovações serviram para demonstrar o êxito do trabalho realizado.

Palavras-Chave: Redes de Sensores Sem Fio; Visualização de dados; Realidade Aumentada; Android; Arduino.

SUMÁRIO

1	Introdução	11
1.1	Motivação	12
1.2	Objetivos	13
1.2.1	Objetivos Específicos	13
1.3	Organização do Trabalho	14
2	Referencial Teórico	15
2.1	Redes de Sensores Sem Fio	15
2.1.1	Nós Sensores	16
2.1.2	Características	21
2.1.3	Desafios	25
2.1.4	Tipos de Aplicações	27
2.2	Realidade Aumentada	28
2.2.1	Tipos de sistemas de Realidade Aumentada	30
2.2.2	Técnicas de interação com Realidade Aumentada	35
2.2.3	Realidade Aumentada em Dispositivo Móvel	38
3	Metodologia	42
3.1	Procedimentos Metodológicos	42
3.1.1	Arduino, microcontrolador Atmel AVR	43

4	Desenvolvimento do aplicativo GrubiAR	46
4.1	GrubiAR	46
4.1.1	Tratamento de erros	47
4.1.2	Menu	50
4.1.3	Verificação dos meios de comunicação	52
4.1.4	Especificações	54
4.1.5	Desenvolvimento	55
5	Resultados e Discussão	60
5.1	Resultados	60
5.2	Discussão	62
6	Conclusões e Trabalhos Futuros	67

LISTA DE FIGURAS

2.1	Visão Geral do Hardware de um Nó Sensor Sem Fio	17
2.2	Nó Sensor Mica 2	18
2.3	Nó Sensor Mica Z	19
2.4	Nó Sensor Iris	20
2.5	Nó Sensor TelosB	20
2.6	Nó Sensor Imote 2	21
2.7	Manipulação dos objetos virtuais	29
2.8	Diagrama adaptado do sistema de visão ótica direta	31
2.9	Diagrama adaptado do sistema de visão ótica direta	31
2.10	Diagrama adaptado do sistema de visão direta por vídeo	32
2.11	Modelo de dispositivo do sistema de visão direta por vídeo	32
2.12	Diagrama adaptado do sistema de visão por vídeo baseado em monitor	33
2.13	Modelo do dispositivo do sistema de visão por vídeo baseado em monitor	33
2.14	Diagrama adaptado do sistema de visão ótica por projeção	34
2.15	Modelo do dispositivo do sistema de visão ótica por projeção	34
2.16	AR Star Wars: Uso de interação por controle virtual	37
2.17	Sistema de Realidade Aumentada Móvel	39
2.18	Fluxo do Processamento da Realidade Aumentada em Dispositivo Móvel	41
3.1	Arduino Uno Revisão 3	43
3.2	Diagrama esquemático utilizando o Atmega 328	44

4.1	Tela do dispositivo móvel apresentando informações do Arduino	47
4.2	Tela do dispositivo móvel sem conexão	48
4.3	Tela do dispositivo móvel notificando erro na conexão Bluetooth	49
4.4	Tela do dispositivo móvel notificando erro na conexão WiFi	49
4.5	Tela do dispositivo móvel apresentando o menu	50
4.6	Tela do dispositivo móvel mostrando configuração de rede WiFi	51
4.7	Tela do dispositivo móvel exibindo os dispositivos Bluetooth pareados	52
4.8	Tela do dispositivo móvel avisando erro por WiFi desligado	53
4.9	Tela do dispositivo móvel avisando erro por Bluetooth desligado	53
4.10	Diagrama arquitetural do projeto utilizando WiFi	56
4.11	Diagrama arquitetural do projeto utilizando Bluetooth	56
4.12	Diagrama da comunicação WiFi	57
4.13	Diagrama da comunicação Bluetooth	58
4.14	Diagrama de Classes do GrubiAR	58
5.1	Exemplo de funcionamento do GrubiAR	63
5.2	Aplicativo RSSF Para Monitoramento de pequenos Ruminantes	63
5.3	Aplicativo SensorWare System	65
5.4	Aplicativo AR TraceRoute v1.0	66
6.1	Exemplo de utilização do GrubiAR numa geladeira	68
6.2	Exemplo de utilização do GrubiAR num carro	69

LISTA DE TABELAS

2.1	Classificação de RSSFs em relação à configuração.	24
2.2	Classificação de RSSFs quanto ao modo de Sensoriamento.	25
2.3	Classificação de RSSFs quanto ao modo de Processamento.	25
3.1	Especificações Técnicas do Arduino Uno Revisão 3.	45
5.1	Análise de aplicativos utilizado na apresentação de dados.	61
5.2	Análise de aplicativos utilizado na apresentação de dados.	61

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de se obter informações sobre uma determinada região com maior eficiência e com menor número de falhas levou a criação de sistemas de monitoramento. A coleta de dados de regiões críticas para o ser humano vem sendo realizado através destes sistemas (FREITAS *et al.*, 2009).

O avanço tecnológico dos microprocessadores possibilitou a criação de nós sensores sem fios. A utilização destes nós de forma dispersa na região a ser monitorada é uma prática que vem sido utilizada (LOUREIRO *et al.*, 2003).

Este tipo de rede possui muitos desafios em sua construção devido às características dos nós ou das necessidades da aplicação (KARL; WILLIG, 2005). A Rede de Sensores Sem Fios pode ser construída com nós heterogêneos, ou seja, nós com características diferentes, para propósitos distintos dentro da aplicação. O equilíbrio do tipo de nó a ser utilizado é tarefa desafiadora, pois é preciso fazer uma análise do problema proposto para ter um melhor desempenho.

Este trabalho apresenta um novo modelo de visualização de dados em Rede de Sensores Sem Fios utilizando Realidade Aumentada exibir os dados capturados pelos sensores. A integração da Realidade Aumentada e das Redes de Sensores Sem Fios tem como objetivo fornecer uma visualização dos dados capturados pelos nós sensores, com gasto reduzido de energia.

Em algumas aplicações deste tipo de rede é utilizado um computador para concentrar e armazenar as informações capturadas por todos os sensores da rede (CHANG; MERABTI; MOKHTAR, 2007). O aplicativo desenvolvido neste trabalho terá a capacidade de conectar-se a estes computadores através do *WiFi* e também a possibilidade de se conectar diretamente a um nó sensor através do *Bluetooth*.

O novo modelo de visualização de dados para Rede de Sensores Sem Fios utiliza o sistema de visão por vídeo baseado em monitor. Neste sistema o dispositivo móvel captura a imagem do ambiente real e apresenta os objetos virtuais, reduzindo o processamento no dispositivo móvel (KIRNER; ZORZAL, 2005), comparado a sistemas que fazem o processamento das imagens do ambiente real.

Desta forma o aplicativo proposto por este trabalho tem a finalidade de possibilitar que um dispositivo móvel consiga reconhecer um determinado nó da rede, solicitar as informações do nó reconhecido e apresentá-las ao usuário. O software proposto torna possível a visualização das informações dos nós sensores ao se caminhar pela região da aplicação.

1.1 Motivação

A Rede de Sensores Sem Fios tem sido utilizada para solucionar uma vasta gama de aplicações (MAINWARING *et al.*, 2002). Contudo, o entendimento da posição de uma informação capturada por um nó sensor pode ser uma tarefa árdua quando o nó se movimenta ou se o usuário não tem total conhecimento da posição de cada nó.

Existem métodos para obter o posicionamento de cada nó dentro da rede, porém a utilização da Realidade Aumentada torna intuitiva a compreensão da origem dos dados capturados (KARL; WILLIG, 2005). Ao se utilizar um software para dispositivo móvel é possível se locomover sobre a região da aplicação e observar o comportamento de cada sensor. Entretanto, se o aplicativo não permitir a visualização da origem dos dados é necessário que o usuário tenha conhecimento da localização de cada nó da rede para compreender os dados apresentados.

No presente trabalho, é utilizado a Realidade Aumentada para exibir as informações capturadas pelos nós da Rede de Sensores Sem Fios. A utilização de

outros métodos para a visualização dos dados da rede poderia afetar o desempenho da aplicação, por exemplo, a integração de tela em cada nó da rede faria com que os nós desperdiçassem energia para a apresentação dos dados (CULLER; ESTRIN; SRIVASTAVA, 2004).

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um aplicativo para dispositivos móveis, o qual será utilizado para visualizar os dados capturados por nós de uma Rede de Sensores Sem Fios. Será utilizada a Realidade Aumentada para exibir os dados da rede.

A utilização deste modelo de apresentação de dados não irá interferir no desempenho da aplicação e irá facilitar o entendimento da origem dos dados capturados. A conexão do dispositivo móvel pode ser feita com um computador que terá todas as informações da rede, através do *WiFi* ou diretamente com um nó sensor por meio do *Bluetooth*.

Deste modo, o aplicativo desenvolvido neste presente trabalho, permitirá que o usuário percorra a região onde estão localizados os nós sensores e observe suas medições, tornando possível reconhecer de modo intuitivo à origem de um evento, como por exemplo, a falta de água em uma determinada região ou temperatura elevada. A utilização deste software também possibilitará que medidas de manutenção na rede sejam tomadas, como a substituição de baterias, em caso de fim de sua vida útil ou mudança na localização de um nó, em caso de perda de conexão com os demais nós.

1.2.1 Objetivos Específicos

Este trabalho tem como objetivos específicos:

Armazenar as informações mensuradas pela rede: os dados capturados pelos nós da Rede de Sensores Sem Fios serão armazenados em um computador, o qual será possível acessar por meio do *WiFi*, este servidor informará ao software desenvolvido os dados da rede.

Implementar um software para visualizar dados da RSSFs: desenvolvimento de um software capaz de se conectar a um servidor, onde serão armazenadas as informações capturadas pelos nós sensores ou conectar diretamente ao nó sensor e apresentar as informações utilizando Realidade Aumentada.

Comparar os modelos de visualização de dados em RSSFs: comparação entre os softwares já existentes de visualização de dados em Rede de Sensores Sem Fios, apresentando suas características em relação ao GrubiAR.

1.3 Organização do Trabalho

Este trabalho encontra-se organizado em cinco capítulos. O capítulo 1 apresenta uma introdução, a motivação, os objetivos do problema estudado. No capítulo 2 são encontradas as definições e bases teóricas para o entendimento do problema. A metodologia para realização do trabalho encontra-se no capítulo 3. No capítulo 4 é apresentado como foi desenvolvido o aplicativo criado neste trabalho. O capítulo 5 apresenta os resultados da aplicação e as discussões. Por fim, o capítulo 6 discute as conclusões em relação ao trabalho realizado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta as definições e bases teóricas sobre Redes de Sensores Sem Fio, Realidade Aumentada para o entendimento do problema.

2.1 Redes de Sensores Sem Fio

Rede de Sensores Sem Fio é uma rede formada por um conjunto de nós com a capacidade de interagir com o ambiente onde eles estão inseridos, monitorando ou controlando parâmetros físicos. Pelo fato deste tipo de rede ser formado de nós sensores que se utilizam rádio para se comunicar, as Redes de Sensores Sem Fio são utilizadas no monitoramento de áreas remotas ou que contenham riscos a saúde humana (LOUREIRO *et al.*, 2003).

A criação deste tipo de rede se tornou possível, pois a evolução tecnológica permitiu a construção de componentes cada vez menores e com menor consumo de energia. Essa nova característica proveniente das novas tecnologias, possibilitou a aplicação das Redes de Sensores Sem Fio em indústrias de petróleo e gás, indústria de aviação, dentre outros segundo (LOUREIRO *et al.*, 2003).

Esta vasta aplicação da RSSF tornou-se possível devido à criação dos “*sensores inteligentes*”, denominação feita por (LOUREIRO *et al.*, 2003) para descrever a grande capacidade que um nó pode desempenhar. É possível que um determinado nó seja construído com um sensor que meça a temperatura, luminosidade de um determinado local, processe informações capturadas por outros sensores e tome uma decisão do que fazer com esses dados (AKYILDIZ *et al.*, 2002).

Para que se possa ter maior eficiência da aplicação é necessário balancear as tarefas que cada nó irá desempenhar. Um modo de aumentar a eficiência é criar tarefas colaborativas na rede, especificando a tarefa de cada nó, por exemplo, um

nó faz as medições em uma determinada área, envia as informações para outro nó o qual irá processar e decidir quais providências deverão ser tomadas. Logo é necessário que os nós sensores possuam rádio para comunicação, sendo utilizados enlaces sem fio para estabelecer a comunicação entre os nós da rede (KARL; WILLIG, 2005).

Os desafios enfrentados por uma RSSF não se restringe somente a parte de hardware, podemos dividir as dificuldades segundo (DRESSLER, 2007) em limitações de recursos, confiabilidade da comunicação sem fio, requisitos de tempo real e mobilidade espaço temporal. Tendo em vista os problemas enfrentados na criação de uma aplicação que utilizar a RSSF pode-se concluir que a evolução da computação, sensoriamento e comunicação gera o desenvolvimento das RSSF, sendo estas três áreas guias para a pesquisa neste tipo de rede (CHONG; KUMAR, 2003).

Segundo (KARL; WILLIG, 2005), as RSSFS podem ser consideradas um desafio para a pesquisa e a engenharia. A possibilidade de se utilizar este tipo de rede a várias aplicações do mundo real incentiva o desenvolvimento de pesquisas. As Redes de Sensores Sem Fio possuem uma grande flexibilidade, contudo não é possível determinar uma única solução para todas as aplicações. Sendo necessária a criação de um modelo para a resolução do problema proposto a cada novo cenário.

2.1.1 Nós Sensores

O nó sensor da rede é um hardware composto por um microprocessador, uma unidade de armazenamento, sensores, conversores analógico-digital, um transmissor e receptor de dados, controladores que unem estas partes e uma fonte de energia, definido por (CULLER; ESTRIN; SRIVASTAVA, 2004).

Sendo por sua vez os requisitos das aplicações fatores decisivos no que diz respeito a tamanho, custos, e consumo de energia que cada nó deverá ter para

atender os objetivos da aplicação segundo (KARL; WILLIG, 2005). Algumas características tais como comunicação e poder de processamento devem prover um nível de qualidade mínima para atender aos requisitos de uma determinada aplicação. Porém encontrar o equilíbrio entre funcionalidades e custos é uma tarefa árdua e crucial na escolha do modelo de nó correto.

Algumas estruturas básicas de um nó sensor sem fio podem ser visualizadas na Figura 2.1 e pode ser definido segundo (KARL; WILLIG, 2005) como:

- Controlador: componente do nó responsável por processar os dados, capaz de executar códigos arbitrários.
- Memória: unidade para armazenar dados intermediários e programas.
- Sensores e Atuadores: dispositivos que podem observar ou controlar parâmetros físicos do ambiente, sendo estes a verdadeira interface com o mundo real.
- Fonte de Energia: componente responsável por suprir as necessidades de energia do nó sensor, uma vez que o nó não é conectado à rede elétrica.

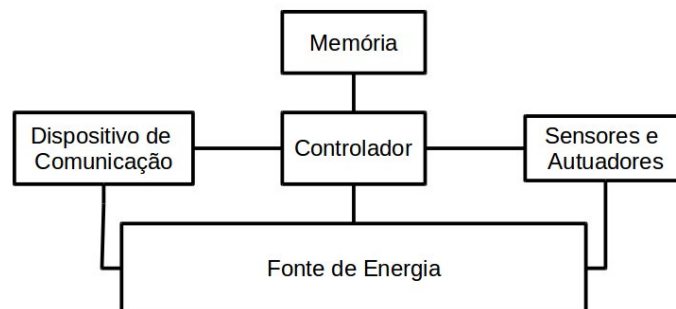


Figura 2.1: Visão Geral do Hardware de um Nó Sensor Sem Fio
(KARL; WILLIG, 2005)

Cada um destes componentes deve trabalhar em busca de alcançar o equilíbrio, para que se possa ter o menor gasto de energia possível e cumprir sua tarefa com uma qualidade aceitável.

A seguir serão apresentadas as informações técnicas, de forma resumida, de alguns dos principais sensores encontrados no mercado.

Mica 2: apresentado na Figura 2.2 é um nó sensor de baixo consumo de energia, seu funcionamento pode alcançar mais de um ano de autonomia utilizando pilhas AA. Este modelo possui um transmissor e receptor de rádio de 868/916 MHz multicanal e utiliza o *Tiny OS* como sistema operacional. O corpo deste sensor apresenta um conector de expansão de 51 pinos, o que permite a conexão de outros sensores como: luz, temperatura, pressão, aceleração/sísmico, acústico, magnetismo, entre outros. Devido suas características, o Mica 2 é indicado para aplicações como: segurança, vigilância, monitoramento de ambientes, redes de sensores de larga escala (mais de 1000 nós) e plataformas de computação distribuída.



Figura 2.2: Nó Sensor Mica 2
(CROSSBOW, 2012c)

Mica Z: exibido na Figura 2.3 segundo informações obtidas pelo fabricante é uma variação da plataforma *Mica Mote*. Sendo assim este nó possui diversas características comuns ao *Mica 2*, porém suas diferenças são o uso de um rádio 2.4 GHz IEEE 802.15.4 e a sua capacidade de realizar transferências em 250 kbps, onde podemos classificar como taxa relativamente altas para

um nó sensor. Sua aplicação é semelhante a praticamente todas as tipos de aplicações que o *Mica 2* pode realizar. Contudo o sensor *Mica Z* é indicado para aplicações de medições acústica, de vídeo, vibração ou outras que necessite de uma transmissão de alta taxa de transferência, como exemplo, aplicações de segurança e monitoramento *indoor*.



Figura 2.3: Nó Sensor Mica Z
(CROSSBOW, 2012d)

Iris: representado na Figura 2.4 pode-se observar que algumas características apresentadas neste modelo são comuns ao *Mica Mote*, contudo neste nó são apresentados alguns avanços significativos em relação ao modelo anteriormente comparado. Entre suas melhoras estão o melhoramento do seu rádio o qual possui um alcance de até três vezes maior que um sensor *Mica Mote*, bem como o aumento da memória para armazenar o programa contido no nó, o qual é dobro do nó anteriormente comparado. Dentre os avanços neste novo modelo podemos destacar que como apresentado pelo fabricante, em teste ao ar livre, esta plataforma demonstrou ser capaz de se comunicar a uma distância de 500 metros. Característica essa que pode reduzir número de nós que anteriormente eram utilizados para manter todos os sensores conectados.

TelosB: apresentado na Figura 2.5 é um nó desenvolvido para permitir que a comunidade científica realize experimento ou seja, uma plataforma *Open Source* que permite que sejam alteradas as características do nó para que ele tenha um melhor desempenho e funcionalidade dentro da aplicação pro-



Figura 2.4: Nó Sensor Iris
(CROSSBOW, 2012b)

posta. Algumas características são marcantes para mostrar o quanto este nó é recomendado para realização de novos experimentos, como uma interface *USB*, a qual possibilita que o nó seja programado e uma memória flash externa de 1 MB. Além de possuir requisitos básicos para qualquer nó sensor, baixos consumo de energia e um rádio o qual é apresentado pelo fabricante como IEE 802.15.4 com antena integrada.



Figura 2.5: Nó Sensor TelosB
(CROSSBOW, 2012e)

Imote 2: exibido na Figura 2.6 é um nó com uma plataforma avançada e de alto desempenho de nós sensores sem fio. Conforme características fornecidas pelo fabricante este modelo contém um processador Intel PXA271, com a capacidade de executar de baixas (16MHz) até frequências consideravelmente altas (416MHz). Sua aplicação é indicada em casos onde são necessários nós sensores com um alto desempenho, como exemplo, monitoramento sísmico ou de vibração, monitoramento e análises industriais, processamento digital de imagens, etc.



Figura 2.6: Nó Sensor Imote 2
(CROSSBOW, 2012a).

2.1.2 Características

Ao se projetar uma rede de sensores, ela pode apresentar diferentes requisitos ou característica de outra já projetada. Cada rede possui uma peculiaridade, pois cada aplicação tem objetivos distintos. Deste modo a cada projeto que faz, os projetistas trabalham com requisitos específicos para alcançar o objetivo proposto. Algumas características mais relevantes podem ser discutidas a seguir segundo (LOUREIRO *et al.*, 2003) como:

- Endereçamento dos nós sensores: refere-se a endereçar unicamente um sensor dentro da rede. Em alguns tipos de aplicação torna-se necessário saber a localização ou fonte dos dados, como exemplo em casos onde os sensores estão espalhados em uma fábrica. Sendo neste caso importante saber de onde provem um dado relevante. Porém em aplicações onde são utilizadas uma quantidade significativa de sensores, gerando grande fluxo de informação, pode ser desnecessário saber a origem de todos os dados coletados.
- Agregação dos dados: é a possibilidade da rede agregar os dados coletados pelo sensor. Deste modo os dados serão condensados em um único ponto, ou serão espalhados e enviados por todos os nós. Em casos onde esta funcionalidade de agregação esta presente, é possível economizar o tráfego de mensagens até uma estação base.

- Mobilidade dos Sensores: preocupa-se com a mobilidade ou não dos sensores em relação ao ambiente em que se encontram inseridos. Possibilitando que sensores sejam trocados ou não de lugar, dependendo do objetivo proposto.
- Quantidade de Sensores: o número de sensores em uma rede pode variar de poucas dezenas a milhares de nós sensores. Sendo a maior preocupação neste caso, a escalabilidade do sistema utilizado. Combinando essa característica com a mobilidade, pode-se ter uma das características mais crítica ao se desenvolver uma aplicação para este tipo de rede.
- Limitação de Energia Disponível: refere-se à autonomia de um sensor, ou seja, o tempo de bateria disponível, pois como em vários casos, as RSSFs são distribuídas em áreas remotas ou de difícil acesso, não se tem garantia na manutenção da rede. Por isto diversos modelos e abordagens são estruturadas para resolver problemas relacionados à autonomia de energia.
- Auto-Organização na rede: é a capacidade da rede se recuperar de possíveis falhas ou imprevistos. Pois os nós da rede estão sujeito a possíveis problemas, podendo ser desde, falta de energia a queima do equipamento. Deste modo esta característica possibilita que a rede se reconfigure e continue funcionando, caso ocorra um deste problema.
- Tarefas Colaborativas: não é possível que um nó da rede execute todas as tarefas que são propostas pela aplicação, pois o tempo de vida do nó poderia ser reduzido drasticamente. Portanto, são utilizados vários nós para que uma tarefa seja executada, e conseqüentemente, tornando possível alcançar os objetivos da aplicação sem diminuir a vida da rede em questão.
- Capacidade de responder a consultas: quando é feita requisições (*requests*) e às perguntas (*queries*) para uma RSSF ela deve ser capaz de responder.

Podendo ser feitas *query* direcionada a somente um nó, a um grupo de nós ou à toda rede.

As RSSFs podem ser classificadas também quanto a sua configuração (Tabela 2.1), em relação ao tipo de sensoriamento (Tabela 2.2) e também quanto ao processamento (Tabela 2.3), segundo (RUIZ *et al.*, 2004).

Tabela 2.1: Classificação de RSSFs em relação à configuração.

Configuração		
Composição	Homogênea	É uma rede composta por nós com o mesmo hardware. Isto não implica que todos os nós possuam o mesmo software.
	Heterogênea	A rede é composta por nós com o hardware diferente. Podendo ter o mesmo software em todos os nós
Organização	Hierárquica	Os nós são organizados em <i>clusters</i> de forma hierárquica. Onde existirão nós líderes a serem eleitos pelos nós comuns.
	Plana	Todos os nós possuem o mesmo nível de hierarquia.
Mobilidade	Estacionária	Os nós sensores ficarão no local onde foram instalados, ou seja, permanecerão no mesmo local durante toda a operação da rede.
	Móvel	Existe a possibilidade dos nós sensores mudem de lugar durante a operação da rede.
Densidade	Balanceada	Pode ser considerada como uma rede com a concentração e distribuição considerada ideal para a aplicação em questão.
	Densa	É uma rede que apresenta um grande número de nós em uma região, tendo uma alta concentração de nós em uma determinada área.
	Esparsa	Os nós são distribuídos poucos nós em uma região, tendo uma baixa concentração dentro de uma área de interesse.
Distribuição	Irregular	A distribuição dos sensores não se apresenta de forma uniformemente em uma área em questão.
	Regular	É o caso onde os nós sensores estão distribuídos de maneira uniformemente pela área de interesse.

Tabela 2.2: Classificação de RSSFs quanto ao modo de Sensoriamento.

Sensoriamento		
Coleta	Periódica	Os dados capturados pelos nós são realizados de forma periódica. Ou seja, as medições só são feitas em intervalos de tempos regulares.
	Contínua	Os nós sensores coletam dados de maneira contínua.
	Reativa	Dados são coletados quando ocorre um evento de interesse, ou no momento em que uma consulta é solicitada por um observador.
	Tempo Real	Os nós sensores coletam a maior quantidade possível no menor intervalo de tempo.

Tabela 2.3: Classificação de RSSFs quanto ao modo de Processamento.

Processamento		
Cooperação	Infraestrutura	Os nós executam processamentos referentes à infraestrutura da rede, como algoritmos de acesso ao meio, criptografia, eleição de líderes, etc.
	Localizada	Os nós executam funções além das básicas de infraestrutura, como exemplo, a tradução de dados capturados pelo sensor baseado na calibração.
	Correlação	Os nós estão envolvidos em procedimentos de correlação de dados como fusão, supressão seletiva, contagem, compressão, multi-resolução e agregação.

2.1.3 Desafios

O desenvolvimento de uma RSSFs é cercado de desafios, por exemplo, o equilíbrio das tarefas que um nó deve executar e os recursos que ele deve ter é uma tarefa desafiadora. Pelo fato de cada nó possuir uma quantidade limitada de recursos e

tarefas a ser executada, a escolha do tipo de nó a ser utilizada em uma aplicação, torna-se então o principal desavio das RSSFs.

Podemos dividir os desafios desta rede segundo (DRESSLER, 2007) como:

Limitação de recursos: nestes desafios são relacionados o tempo de vida da bateria, o poder de processamento dos cpus sendo poucos MHz e a memória para armazenamento com poucos KB.

Confiabilidade da comunicação sem fio: Em regiões onde é colocado um grande número de nós sensores, no mesmo raio de comunicação, pode haver a uma falta de confiabilidade da comunicação. Isto ocorre, pois como a densidade da rede nesta região é grande, o número de colisões tende a ser maior, gerando deste modo uma comunicação não confiável. Deste modo, deve ser analisados os objetivos da rede e balancear o número de nós, em uma determinada área, para que se possa garantir que os pacotes sejam entregues, sem ocorrência de colisões.

Mobilidade espaço-temporal: este desafio refere-se à movimentação geográfica dos nós da rede, suas possíveis mudanças na localização do nó ao longo do tempo.

Requisitos de tempo real: em alguns tipos de aplicações a rede deve ser capaz de prover resultados imediatos de uma determinada região, sendo elas estritamente confiáveis. Neste tipo de aplicação da rede é fundamental que os dados apresentados sejam confiáveis e os mais novos possíveis, ou seja, apresentação das medições em tempo real mantendo a confiança das informações capturadas.

Outro desafio que não é comumente mencionado é apresentação das informações capturadas pelos nós da rede com um reconhecimento intuitivo da origem dos

dados. Neste caso é possível visualizar os dados da Rede de Sensores Sem Fios sem causar confusões sobre sua origem a um usuário que não tem total conhecimento da aplicação.

2.1.4 Tipos de Aplicações

Podemos dividir as RSSFs em quatro principais padrões de operações segundo (KARL; WILLIG, 2005). Onde são utilizados para definir os principais tipos de aplicações para este tipo de rede.

- **Deteccção de Eventos:** os nós sensores devem informar a deteção de um evento de interesse. Podemos exemplificar de maneira mais simples como em um caso onde o nó detecta um evento o qual está programado para reconhecer e informa aos outros nós que o evento ocorreu. Sendo aplicações mais complexas, casos onde são necessários vários nós para se determinar a ocorrência de um evento, necessitando deste modo o processamento dos dados para determinar se o evento ocorreu.
- **Medidas Periódicas:** é o caso onde os nós tem que reportar as informações coletadas de maneira periódica, ou seja, de tempos em tempos o nó envia os dados que foram mensurados. É possível também que os critérios sobre quando enviar os relatórios fiquem programadas de acordo com a necessidade da aplicação. Em alguns casos é possível programar o nó para enviar mensagens pela rede somente quando um evento de deteção ocorre, podendo permanecer na rede sem enviar nenhuma informação.
- **Aproximação de Funções e Deteccção de Bordas:** em alguns casos a RSSF pode estimar parâmetros do ambiente utilizando amostras de diferentes regiões e utilizado de uma função para fazer estimativas. Em caso de medição de temperatura este processo é obtido da seguinte maneira, são descarta-

dos os fatores condicionantes como humidade, pressão, sendo considerada somente a temperatura mensurada, deste modo é possível determinar uma medida da temperatura em relação à localização. É possível utilizar amostragens de diferentes regiões para se aproximar de uma função que forneça uma estimativa mais precisa de temperatura em um determinado local.

- Rastreamento: em alguns tipos de aplicações é necessário relatar a posição do evento, o intruso pode se mover como em casos de sistema de vigilância. Deste modo pode-se configurar a rede para indicar onde o evento ocorreu e para onde ele esta se deslocando. Assim, é possível estimar a direção que o intruso esta indo e até mesmo estimar a velocidade que ele está se deslocando.

Com o surgimento de novas tecnologias e o aumento da utilização das RSSFs, novas áreas estão se agregando para facilitar e proporcionar um melhor desempenho deste tipo de rede. Projetos utilizando veículos aéreos não tripulados atuando como sensores móveis da rede e a utilização de Realidade Aumentada para visualizar os dados capturados pela rede, estão facilitando alguns desafios como exemplo, a redução de energia dos nos sensores bem como o melhor entendimento dos dados capturados.

2.2 Realidade Aumentada

Realidade Aumentada é a imersão de objetos virtuais ao ambiente real, sendo apresentada para o usuário em tempo real. Está técnica de apresentação de informações virtuais necessita de dispositivos tecnológicos, o qual permite que a interface do ambiente real seja adaptada para visualizar ou modificar objetos reais ou virtuais (KIRNER; KIRNER, 2007).

A utilização desta técnica de visualização de objetos virtuais e objetos reais incrementa a visão que o usuário tem do mundo real e descarta a necessidade de treinamento. A utilização da Realidade Aumentada permite que os objetos virtuais sejam facilmente retomados do estado inicial em caso de erro em sua manipulação (KIRNER; ZORZAL, 2005). Segundo (AZUMA *et al.*, 2001) a esta técnica de visualização pode ser utilizada para diversas aplicações humanas, uma vez que a interação com o usuário é feita de modo segura.

As técnicas utilizadas em aplicações de Realidade Aumentada são obtidas por meio de técnicas de Visão Computacional, de Computação Gráfica e Realidade Virtual, onde de acordo com (BILLINGHURST; KATO; POUPYREV, 2001), (BOMAN, 1995) e (MILGRAM *et al.*, 1994) resulta da sobreposição de objetos virtuais em ambiente real.

Em estudos realizados por (BOMAN, 1995), (SANTIN *et al.*, 2004) e (ZHOU, 2004), foi concluído que a Realidade Aumentada pode proporcionar ao usuário uma interação natural e atrativa com o ambiente real, permitindo manusear os objetos virtuais com as próprias mãos. A Realidade Aumentada não se limita em inserir objetos virtuais no mundo real, mas também oferecendo uma maior interação entre o real e virtual. A Figura 2.7 mostra uma aplicação, onde é possível manipular os objetos virtuais.



Figura 2.7: Manipulação dos objetos virtuais

(ZHOU, 2004)

Para apresentar objetos virtuais através da Realidade Aumentada é necessário utilizar software capaz visualizar o ambiente real e de posicionar os objetos virtu-

ais. Além da necessidade do software, é indispensável à utilização de dispositivos tecnológicos apropriados para Realidade Aumentada. Tendo os dois requisitos anteriormente mencionados, é possível visualizar e manusear dos objetos virtuais em um ambiente real.

Segundo (TORI; KIRNER; SISCOOTTO, 2006) pode-se utilizar dispositivo de Realidade Virtual em hardware de Realidade Aumentada, porém deve-se atentar em não obstruir a usabilidade das mãos, que devem atuar naturalmente no ambiente misturado. Neste caso é importante o uso de técnicas de rastreamento visual, necessitando a utilização de visão computacional e processamento de imagens para que se possa utilizar-se deste artefato.

Assim pode-se dizer segundo (KIRNER; SISCOOTTO, 2007) que o desenvolvimento da Realidade Aumentada se deu pelo aumento no poder de processamento dos microcomputadores, o avanço das técnicas de visão computacional e a popularização da webcam.

2.2.1 Tipos de sistemas de Realidade Aumentada

Segundo (AZUMA *et al.*, 2001), podemos classificar os sistemas de Realidade Aumentada conforme os tipos de display utilizado na aplicação, estas classificações envolvem a visão ótica ou visão por vídeo, originando deste modo quatro tipos de sistemas como cita (KIRNER; ZORZAL, 2005), apresentados abaixo:

- Sistema de visão ótica direta (*Optical see-through HMD*)
- Sistema de visão direta por vídeo (*Video see-through HMD*)
- Sistema de visão por vídeo baseado em monitor (*Monitor-Based Augmented Reality*)
- Sistema de visão ótica por projeção (*Projector-based Augmented Reality*)

No sistema de visão ótica direta utilizam-se óculos ou capacetes com lentes que permitem o recebimento direto da imagem real ao mesmo tempo em que possibilitam a projeção de imagens virtuais. Os objetos virtuais são ajustados com a cena real para fornecer uma representação correta.

Uma das técnicas utilizada para conseguir essa característica é usar uma lente inclinada que permita a visão direta e que reflita a projeção de imagens geradas por computador diretamente nos olhos do usuário. A Figura 2.8 mostra o diagrama desse tipo de sistema e a Figura e 2.9 apresenta alguns dispositivos que podem ser utilizados para utilizar-se desta técnica.

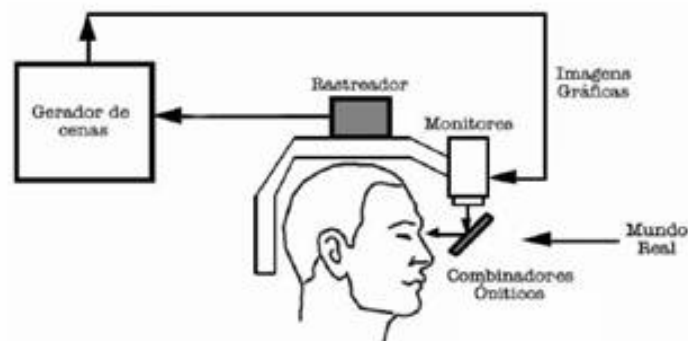


Figura 2.8: Diagrama adaptado do sistema de visão ótica direta
(AZUMA, 1997)

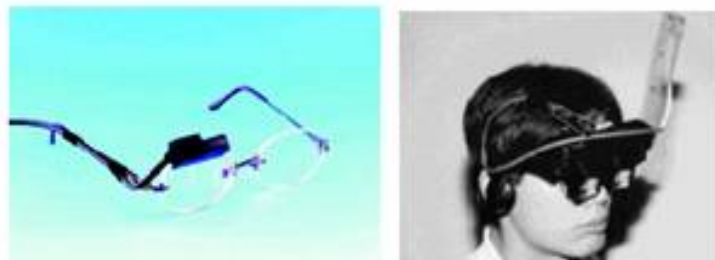


Figura 2.9: Diagrama adaptado do sistema de visão ótica direta
(SILVA, 2004)

No sistema de visão direta por vídeo é utilizado capacetes com micro câmeras de vídeo acopladas. A cena do ambiente real é capturada pela micro câmera e misturada com os elementos virtuais gerados por computador e por fim apresentadas diretamente nos olhos do usuário, através de pequenos monitores montados no capacete. Na Figura 2.10 é possível visualizar o diagrama e na Figura 2.11 pode-se visualizar um dispositivo de visão direta por vídeo.

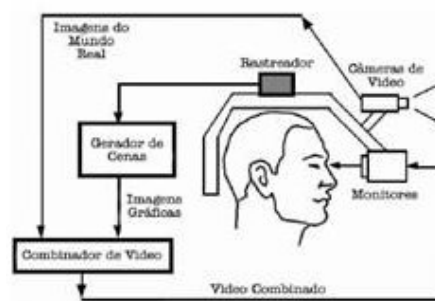


Figura 2.10: Diagrama adaptado do sistema de visão direta por vídeo
(AZUMA, 1997)



Figura 2.11: Modelo de dispositivo do sistema de visão direta por vídeo
(AZUMA, 1997)

No sistema de visão por vídeo baseado em monitor é utilizado uma webcam para capturar a cena do ambiente real e um monitor para apresentar as informações. Após capturar a imagem, esta é misturada com os objetos virtuais e devidamente dimensionada por um computador para ser apresentada ao usuário através

de um monitor. Neste sistema o ponto de vista do usuário é fixo, pois depende do posicionamento da webcam, a imagem vista pelo usuário é referente a capturada. A Figura 2.12 mostra o diagrama e na Figura 2.13 equipamentos utilizados neste tipo de aplicação.

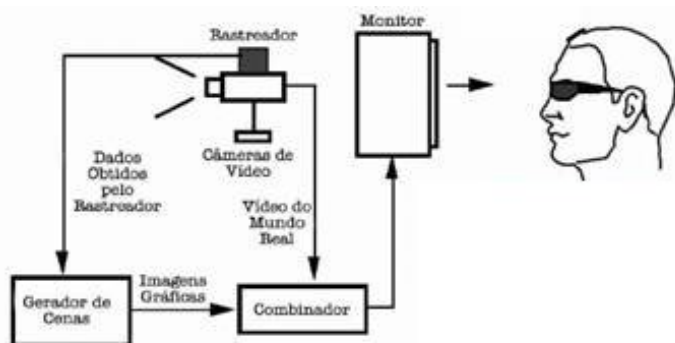


Figura 2.12: Diagrama adaptado do sistema de visão por vídeo baseado em monitor
(AZUMA, 1997)



Figura 2.13: Modelo do dispositivo do sistema de visão por vídeo baseado em monitor
(AZUMA, 1997)

No sistema de visão ótica por projeção, é utilizada a superfície do ambiente real para projetar as imagens dos objetos virtuais. Nesta técnica não é necessário à utilização de nenhum equipamento auxiliar, pois o conjunto, imagem real e objetos virtuais projetados, são os elementos necessários para o usuário interagir com a aplicação.

Embora este sistema de projeções pareça muito interessante, ele fica restrito às condições do espaço real, sendo necessária em alguns casos uma superfície específica para a projeção objetos virtual. A Figura 2.14 mostra o diagrama e a Figura 2.15 apresenta um modelo que utiliza o sistema de visão ótica por projeção.

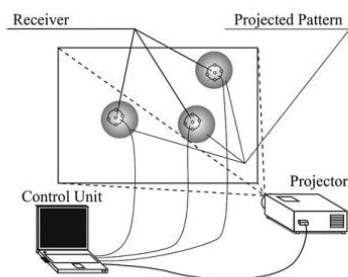


Figura 2.14: Diagrama adaptado do sistema de visão ótica por projeção
(RASKAR *et al.*, 2001)



Figura 2.15: Modelo do dispositivo do sistema de visão ótica por projeção
(RASKAR *et al.*, 2001)

Dentre os tipos de sistemas citados acima, o sistema de visão direta é apropriado a casos onde a perda da imagem pode ocasionar algum risco ao usuário. Em casos como: um piloto de avião, motorista de carro ou um pedestre, o risco ocasionado pela falta da imagem pode levar até a morte de um indivíduo, o sistema de visão direta é o recomendado.

Em locais controlados onde o usuário fica em um local fechado, o uso da visão por vídeo é adequada, pois não oferece risco ao usuário. Neste sistema caso ocorra uma falta da imagem o usuário pode remover o capacete, tendo sua visão do ambiente real e não colocando sua vida em risco. Outra qualidade do sistema de visão por vídeo é o menor custo e maior facilidade para ser ajustado, comparado ao de visão direta.

2.2.2 Técnicas de interação com Realidade Aumentada

A utilização de técnicas de interações, utilizadas em ambientes tridimensionais não pode ser aplicada diretamente em ambientes onde se utiliza Realidade Aumentada segundo (BOWMAN *et al.*, 2004). Na literatura não é possível determinar um consenso que mostram como estas técnicas devem ser aplicadas, para que funcione devidamente em ambientes de Realidade Aumentada. Porém, (BROLL *et al.*, 2005) propõem uma classificação para as técnicas de interações, as quais podem ser utilizadas em ambientes onde se utilize Realidade Aumentada e as apresentam da seguinte maneira:

- Interação espacial (*spatial interaction*)
- Interação baseada em comandos (*command-based interaction*)
- Interação por controle virtual (*virtual control interaction*)
- Interação por controle físico (*physical control interaction*)

Na interação espacial segundo (ISHII; ULLMER, 1997), normalmente realizada por meio de interfaces tangíveis, se baseia na manipulação de objetos do ambiente real alterando suas propriedades espaciais. Deste modo as configurações especiais do objeto físico do ambiente real fornecerão informações aos objetos virtuais do ambiente virtual.

Na interação baseada em comando, as informações do ambiente real são obtidas a partir do rastreamento de gestos espontâneos, simbólicos ou por meio de comando de voz, que são interpretados para que alterem configurações de objetos virtuais. Neste sistema é necessário o controle do ambiente (TRUYENQUE, 2005), ou seja, a iluminação, cor dos objetos que serão reconhecidos, a cor de fundo da cena, a qualidade da câmera que se está utilizando, devem ser devidamente ajustados para que a interação funcione corretamente.

Na interação por controle virtual, são utilizados símbolos gráficos tridimensionais, para permitir com que o usuário faça modificações dos objetos virtuais. A movimentação dos símbolos anteriormente mencionados faz a interação entre o ambiente real e virtual (ZORZAL, 2012).

Na aplicação apresentada na Figura 2.16, pode-se observar o controle de ambiente misturado utilizando a técnica de interação por controle virtual. Neste exemplo o usuário se utiliza de um marcador para acessar o menu virtual e fazer a escolha de qual nave ele utilizará no combate. Quando o marcador se aproximar dos modelos de naves que estão no menu ao lado direito a aplicação reconhece que foi solicitado a mudança na nave espacial, faz a troca e representa a nova nave sobre o marcador.

Na interação por controle físico segundo (BROLL *et al.*, 2005), é a utilização de ferramentas físicas ou painéis de controle, que estão no ambiente real, para realizar alterações em objetos virtuais. Neste caso os dados do ambiente real são transferidos para o ambiente virtual e projetado para o usuário.

Em ambientes onde é utilizada a Realidade Aumentada, pode-se ter diversas formas de interação entre os objetos do ambiente real e ambiente virtual. Dependendo do cenário utilizado, é preciso verificar qual o tipo de técnica de intenção trará maior vantagem para a aplicação.

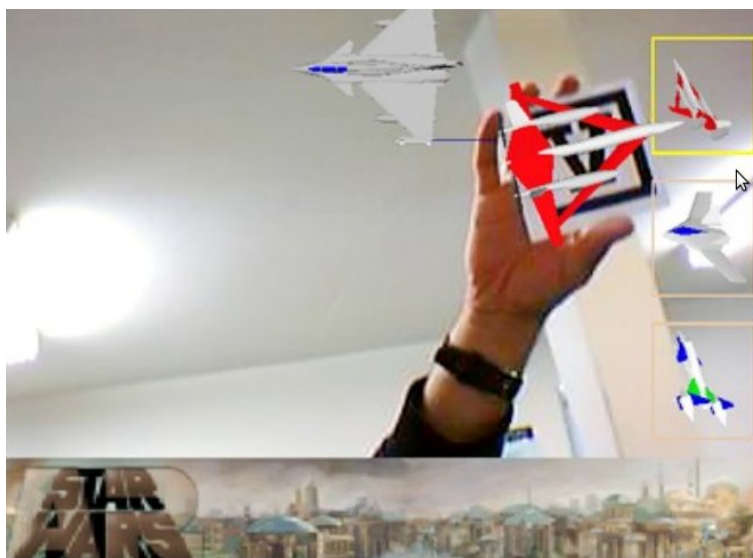


Figura 2.16: AR Star Wars: Uso de interação por controle virtual
(ZORZAL, 2012)

Pode-se considerar que as interações espaciais são adequadas quando o objetivo da aplicação é obter transformações espaciais dos objetos virtuais no ambiente real (ISHII; ULLMER, 1997). A interação baseada em comandos pode ser considerada segundo (TRUYENQUE, 2005), mais adequada em aplicações onde são utilizados diferentes tipos de formatos de entrada para obter interações entre o ambiente virtual e real.

Segundo (ZORZAL, 2012) a interação por controle virtual pode ser considerada como mais adequada em casos onde se quer apresentar uma metáfora dos controles já conhecidos. Por fim, a interação com controle físico adequado quando se deseja obter uma integração entre ferramentas físicas e o ambiente virtual utilizada pelo usuário (BROLL *et al.*, 2005).

2.2.3 Realidade Aumentada em Dispositivo Móvel

A Realidade Aumentada em dispositivos móveis é o sistema de visão por vídeo baseado em monitor, onde são utilizados dispositivos móveis para apresentar os objetos do ambiente real e virtual (CORREIA, 2003). O uso de dispositivos móveis representa a diminuição da limitação de um ambiente controlado, passando deste modo a se movimentar em ambientes naturais ou urbanos (KIRNER; ZORZAL, 2005).

Segundo (WAGNER; SCHMALSTIEG, 2003) a técnica de apresentar a Realidade Aumentada em dispositivos móveis, surgiu com o avanço dos dispositivos móveis, seu poder de processamento, tamanho, peso e baixo custo. Neste caso é utilizado o sistema de visão por vídeo baseado em monitor, o qual utiliza a câmera do celular para obter as imagens do mundo real, unindo a esta imagem os objetos virtuais e apresenta-la na tela do dispositivo móvel, sem grande processamento da imagem capturada.

Para que se possam utilizar as técnicas de Realidade Aumentada fora de um ambiente controlado é necessário que se utilize equipamentos específico, o qual irá depender da aplicação. Na Figura 2.17, pode-se notar que é necessário utilizar um notebook para fazer o processamento das informações do ambiente real, o qual é afixado em uma bolsa, possibilitando que o usuário possa carregar em suas costas.

No exemplo anteriormente mencionado, pode-se notar a necessidade de uma câmera e um display óptico preso a um capacete, para poder capturar as imagens do mundo real e apresentar os dados do mundo real e virtual.

Os dispositivos móveis podem apresentar características que os tornam mais eficiente em determinados tipos de aplicações. Segundo (WAGNER; SCHMALSTIEG, 2003) podemos classificar estes dispositivos da seguinte maneira:



Figura 2.17: Sistema de Realidade Aumentada Móvel
(STUDIERSTUBE, 2012)

Telefones Celulares: são utilizados em aplicações onde não é necessária a conexão com a rede local, aplicações que não necessita alto processamento, aplicações que não exige muitas informações. Os telefones celulares tem um custo menos que outros dispositivos móveis, porém sua aplicação se limita a visualização de informações simples.

PDAs: são dispositivos que possuem um balanceamento entre poder de processamento, tamanho e peso, sua aplicação geralmente necessita o uso das duas mãos, porém é possível exibir uma quantidade maior de informações e ainda manipula-las através de caneta digital, facilitando deste modo a interação com o dispositivo. Contudo o valor do equipamento limita o tipo de aplicação a ser utilizado, uma vez que seu preço supera os outros dispositivos mencionados.

UMPs: são dispositivos que possuem características parecidas aos PDAs, porém apresenta um custo superior. Os UMPs possuem recursos superiores aos PDAs, como maior capacidade de armazenamento, sincronia de TV, dentre outras características as quais não fornece benefícios para a utilização da

Realidade Aumentada. Limitando deste modo a aplicação deste dispositivo pelo seu custo, sendo em alguns casos substituído pelos PDAs.

Smartphones: são dispositivos com as melhores características do que os Telefones celulares, PDAs e UMPcs, possuem uma tela sensível ao toque, onde torna fácil a interação com o dispositivo, possui interfaces de comunicação sem fio seja ela WiFi ou Bluetooth, possuem uma tela com um tamanho razoável para a apresentação dos objetos virtuais e um custo relativamente baixo.

Tablets: estes dispositivos são os mais adequados para a apresentação de grande quantidade de informações, pois possuem uma tela com tamanho superior aos demais mencionados e contam com todas as características do Smartphones.

Portanto para se definir qual o dispositivo será utilizado na aplicação que se deseja desenvolver, é necessário analisar os seguintes aspectos:

- O tipo de aplicação a ser implementada
- O cenário onde a aplicação irá interagir
- O público alvo da aplicação
- Os riscos que a aplicação pode oferecer

Ao se utilizar a Realidade Aumentada em dispositivos móveis é necessário seguir algumas especificações para não sobrecarregar o processador do equipamento. O fluxo de processamento funciona em conjunto com o sistema operacional do dispositivo. Deste modo, a captura de imagem do mundo real, reconhecimento dos marcadores, a união entre imagem mundo real e os objetos virtuais deve ter o tempo de latência igual ou menor a 100 microssegundos segundo (TORI; KIRNER; SISCOOTTO, 2006).

O programador deve ficar atento com a quantidade de processamento utilizado para não ocasionar problemas ao usuário, como: travar o dispositivo ou causar lentidão na aplicação. Na Figura 2.18 pode-se observar cada etapa do fluxo de processamento em um dispositivo móvel para exibição de um objeto virtual.



Figura 2.18: Fluxo do Processamento da Realidade Aumentada em Dispositivo Móvel

(TORI; KIRNER; SISCOOTTO, 2006)

3 METODOLOGIA

O trabalho, quanto à sua concepção, é definido como Pesquisa Aplicada, devido ao tratamento de um problema concreto: a visualização de dados da Rede de Sensores Sem Fios.

Quanto aos objetivos, são classificados como pesquisa exploratória, pois aplicasse a combinação de tecnologias e técnicas conhecidas, como armazenamento de dados de uma Rede de Sensores Sem Fios em um computador e a visualização de dados utilizando Realidade Aumentada, em busca de um melhor resultado para o problema apresentado.

Sobre os procedimentos, a pesquisa é classificada como pesquisa experimental, por se tratar de combinação de tecnologias e técnicas conhecidas. Será obtido os dados de um computador que armazena as informações de uma Rede de Sensores Sem Fios ou através de uma conexão direta com um nó sensor e exibido ao usuário utilizando a Realidade Aumentada.

Ao final deste trabalho, é esperado que os próprios resultados apresentados mostrem uma resolução do problema.

3.1 Procedimentos Metodológicos

Nos procedimentos do projeto, foram realizados experimentos baseados em simulação utilizando Arduinos, para representar os nós sensores da rede. Este microcontrolador apresenta um custo menor que os outros microcontroladores de 8 bits encontrados no marcador, além de possuir uma plataforma *Open source*.

Na simulação realizada, foi desenvolvido um projeto para o *Arduino* com a finalidade de simular as medições capturadas por um nó sensor.

Na próxima seção, serão apresentados os conceitos referentes ao *Arduino*.

3.1.1 Arduino, microcontrolador Atmel AVR

Arduino é uma plataforma Open Source, o que permite a interação com maior facilidade entre a parte de Hardware e Software (ARDUINO, 2013). Seu compilador apresenta uma característica de multiplataforma, ou seja, é possível instalá-lo em Windows, Macintosh e Linux, permitindo que o desenvolvedor utilize seu sistema operacional habitual.

No presente trabalho foi utilizado o *Arduino Uno Revisão 3*, podendo ser visualizado na Figura 3.1.



Figura 3.1: Arduino Uno Revisão 3

(ARDUINO, 2013)

Neste trabalho foi utilizada a comunicação direta com o dispositivo móvel através do *Bluetooth*, bem como integração ao computador pela interface *USB* para o armazenamento das informações. As informações armazenadas foram transmitidas para o dispositivo móvel utilizando o *WiFi*.

O custo de um microcontrolador *Arduino Uno* segundo (ARDUINO, 2013) é de aproximadamente cinquenta e três reais, porém como sua plataforma é *Open*

Source pode-se construir um *Arduino* em casa utilizando uma *protoboard*, reduzindo o custo do projeto. A figura 3.2 apresenta o diagrama esquemático utilizado.

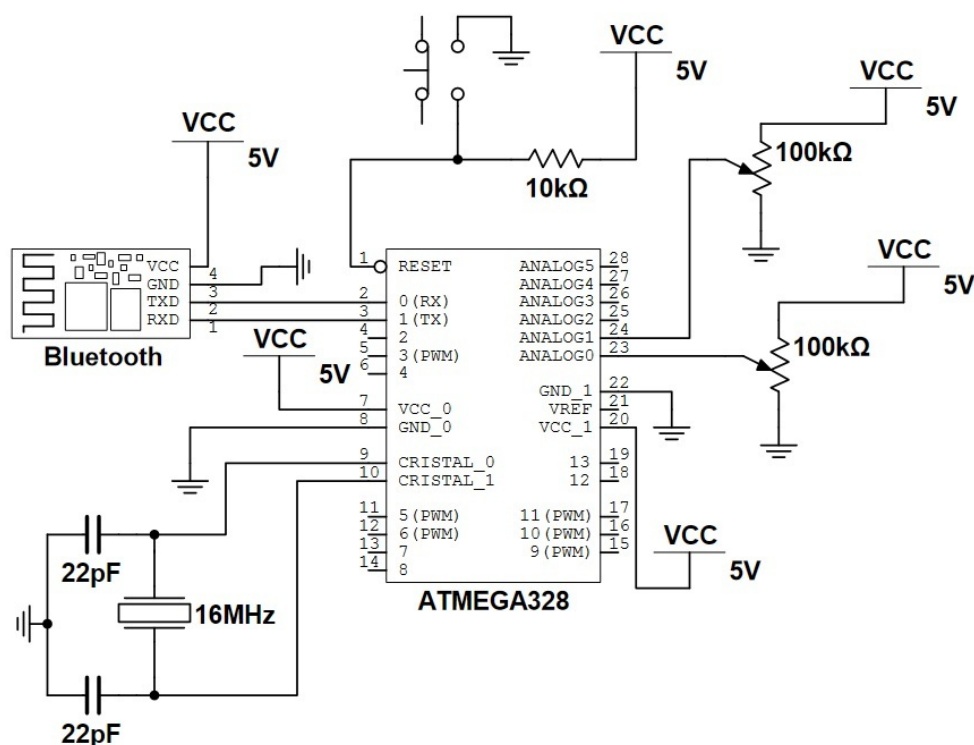


Figura 3.2: Diagrama esquemático utilizando o Atmega 328

A construção de um projeto necessita de uma base em eletrônica e uma base em programação, o software fornecido pelo fabricante permite a programação em linguagem Processing (www.processing.org).

No site do fabricante existe uma diversidade de modelos de *Arduinos*, tendo diferentes características em cada modelo como, por exemplo, a quantidade de portas de Entrada/Saída, poder de processamento, quantidade de memória, velocidade de clock. Características estas que permitem uma melhor escolha do modelo de acordo com as necessidades da sua aplicação.

As características do microcontrolador utilizado neste projeto podem ser observadas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Especificações Técnicas do Arduino Uno Revisão 3.

Especificações Técnicas	
Microcontrolador	ATmega328
Voltagem Operacional	5V
Voltagem Suportada	7-12V
Máxima Voltagem Suportada	20V
Pinos Digitais de Entrada/Saída	14 (dos quais 6 apresentam saída PWM)
Pinos Analógicos de Entrada	6
Corrente em cada pino de Entrada/Saída	40 mA
Corrente no pino de 3.3V	50 mA
Memória Flash	32 KB sendo 0.5 KB usado para inicialização
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Velocidade de Clock	16 MHz

4 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO GRUBIAR

Neste capítulo serão apresentados os passos que levaram a criação do aplicativo que originou uma solução para a visualização dos dados da Rede de Sensores Sem Fios utilizando a Realidade Aumentada.

4.1 GrubiAR

O *GrubiAR* é um aplicativo que foi desenvolvido com a finalidade de apresentar os dados dos nós sensores de uma Rede de Sensores Sem Fios, sendo que para fazer tal apresentação é utilizada a Realidade Aumentada.

Para desenvolver o projeto foi incorporado o *AndAR*, um aplicativo desenvolvido para apresentar objetos 3D em dispositivos móveis com plataforma android utilizando a Realidade Aumentada. Neste aplicativo o desenvolvedor pode incluir novos marcadores com a intenção de expandir a capacidade de reconhecimento, bem como fazer modificações dos objetos 3D em tempo de execução. Deste modo para solucionar as necessidades apresentadas no problema proposto, foi utilizado um paralelepípedo simbolizando um sensor.

As características dos paralelepípedos podem ser modificadas para apresentar as informações de um nó sensor. Pode-se modificar a cor para diferenciar sensores em um mesmo nó da rede e tamanho representando o valor medido pelo sensor.

A apresentação dos dados capturados pelos nós sensores da rede, que neste projeto foi simulado com a utilização de Arduinos simbolizando os nós sensores e potenciômetros representando os sensores é feita através de paralelepípedos como pode ser visualizado na Figura 4.1. Assim, conforme a alteração do valor de cada potenciômetro, o aplicativo apresenta o novo valor capturado modificando o tamanho dos paralelepípedos.

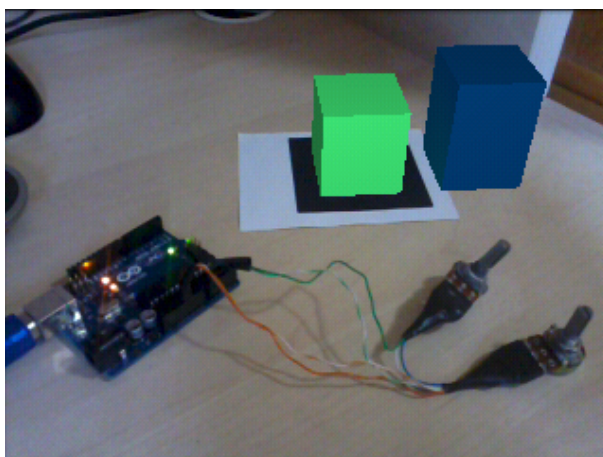


Figura 4.1: Tela do dispositivo móvel apresentando informações do Arduino

A comunicação do dispositivo móvel para a obtenção das medições é realizada de duas formas, *WiFi* ou *Bluetooth*. Para transferir as informações capturadas são utilizados dois padrões. Na conexão *WiFi* o aplicativo envia uma mensagem ao servidor sobre qual nó sensor ele quer a informação, em seguida ele recebe uma resposta informando a quantidade de sensores que aquele nó possui juntamente com os valores mensurados por cada sensor. Na conexão *Bluetooth* o aplicativo espera que o dispositivo pareado informe quais são os dados do sensor, esta mensagem é semelhante à resposta da conexão *WiFi*.

4.1.1 Tratamento de erros

No aplicativo *GrubiAR* o tratamento de erros por falta de conexão ocorrem de formas distintas.

Para facilitar o reconhecimento do usuário de qual problema ocorreu durante o funcionamento do aplicativo são exibidas mensagens na tela do dispositivo. Estas mensagens tentam expressar ao usuário qual foi o problema que ocorreu e impossibilitou a conexão do dispositivo móvel com o servidor através da conexão *WiFi*.

ou não permitiu que o aplicativo se pareasse a um dispositivo utilizando a conexão *Bluetooth*.

Ao iniciar o aplicativo pela primeira vez é improvável que ele tenha a lembrança de uma conexão anterior, logo é apresentado ao usuário uma mensagem que pode observada na Figura 4.2.



Figura 4.2: Tela do dispositivo móvel sem conexão

O usuário ao tentar fazer a conexão com um dispositivo *Bluetooth* pode cometer um equívoco fazendo a escolha de um equipamento que não aceite a conexão com aplicativo, deste modo é apresentada uma mensagem que pode ser visualizada na Figura 4.3.

No aplicativo também são previstos erros causados na conexão *WiFi*. O usuário pode cometer erro tanto na digitação do IP como na porta em que o servidor está funcionando. Em todos os casos citados anteriormente o aplicativo possui uma mensagem para orientar qual o motivo do funcionamento incorreto. A mensagem exibida ao usuário pode ser vista na Figura 4.4.

Problemas ocasionados devido a mensagens incorretas originadas na conexão *WiFi* ou *Bluetooth* também são tratadas no aplicativo porém, de uma maneira discreta. O aplicativo determina que o nó não possua sensores, deste modo não é

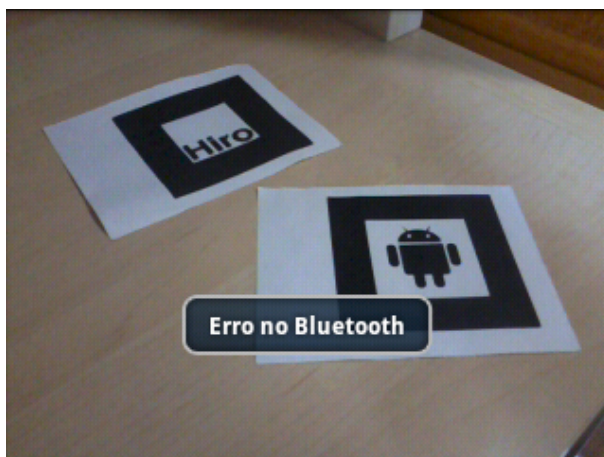


Figura 4.3: Tela do dispositivo móvel notificando erro na conexão Bluetooth



Figura 4.4: Tela do dispositivo móvel notificando erro na conexão WiFi

apresentada nenhuma informação sobre o sensor até que uma mensagem possa ser reconhecida no padrão utilizado.

O aplicativo também aceita a perda de informação de um determinado nó em tempo de execução. Assim, caso um nó pare de enviar seus dados, é apresentado ao usuário a ultima informação capturada, mas se a conexão for interrompida pelo servidor *WiFi* ou pelo dispositivo *Bluetooth* o aplicativo é finalizado.

4.1.2 Menu

O menu do aplicativo *GrubiAR* foi criado com a finalidade de permitir a troca do tipo de conexão, *WiFi* ou *Bluetooth*. Ao clicar na opção menu do dispositivo móvel aparece para o usuário duas opções as quais podem ser observadas na Figura 4.5.

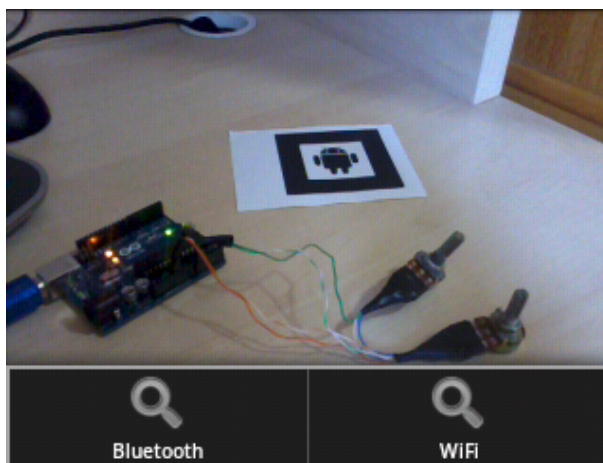


Figura 4.5: Tela do dispositivo móvel apresentando o menu

Quando o usuário escolhe o tipo de conexão a ser utilizada, por padrão o aplicativo fecha as comunicações que possam estar abertas, mesmo que não seja modificado o tipo de conexão utilizando anteriormente. Este método faz o encerramento da conexão, pois acredita-se que ao clicar em um item do menu, o usuário realmente queira fazer uma alteração nas configurações.

Contudo se o usuário cometeu um equívoco ao apertar o menu, as informações anteriores são mantidas na caixa de texto, caso o item escolhido for o *WiFi*. A Figura 4.6 apresenta o menu deste tipo de conexão, nela pode-se observar informações na caixa de texto. O conteúdo neste caso não sofreu alteração pelo usuário, são dados de uma conexão anterior.

Na conexão *Bluetooth*, também são mantidas as informações de um dispositivo que foi pareado, porém diferentemente do menu *WiFi*, neste caso são apresen-



Figura 4.6: Tela do dispositivo móvel mostrando configuração de rede WiFi

tados todos os dispositivos que foram anteriormente pareados com o dispositivo móvel. Deste modo se o usuário pretende utilizar o mesmo dispositivo o qual ele estava visualizando as informações, ele deve se lembrar do endereço ou mesmo o nome da conexão utilizada anteriormente. Na Figura 4.7 pode ser observada a lista de dispositivos.

Nas duas opções de menu mencionadas anteriormente pode-se utilizar o botão retornar do dispositivo móvel, porém como a conexão anterior é finalizada o aplicativo ficará sem conexão e apresentará uma notificação que pode ser observada na Figura 4.2. Caso o usuário aperte o botão menu e posteriormente retornar no menu de conexões, o qual pode ser visualizado Figura 4.5, o aplicativo não irá finalizar a conexão que está em uso, aceitando assim, a correção de um equivoco do usuário sobre a função menu de conexões.



Figura 4.7: Tela do dispositivo móvel exibindo os dispositivos Bluetooth pareados

4.1.3 Verificação dos meios de comunicação

A Verificação dos meios de comunicação foi uma função implementada no *GrubiAR* com a finalidade de esclarecer ao usuário à necessidade de habilitar o dispositivo adequado conforme o tipo de comunicação escolhido.

O usuário pode não perceber que seu dispositivo *WiFi* está desligado e mesmo assim solicitar o menu para configurar este tipo de rede. Para alertar esse tipo de ocorrência, o aplicativo gera um aviso que pode ser visto na Figura 4.8. Porém se mesmo assim o usuário persistir naquela conexão, será exibida uma mensagem de erro a qual pode ser observada na Figura 4.4.

A mesma verificação ocorre caso o usuário escolha alterar as configurações da conexão *Bluetooth* e não perceba que o dispositivo está desligado. Neste caso a mensagem que é exibida ao usuário pode ser visualizada na Figura 4.9. Contudo, se mesmo assim ele persistir e clicar sobre o espaço reservado para os dispositivos



Figura 4.8: Tela do dispositivo móvel avisando erro por WiFi desligado

pareados é exibido uma mensagem ao usuário a qual é representada pela Figura 4.3.

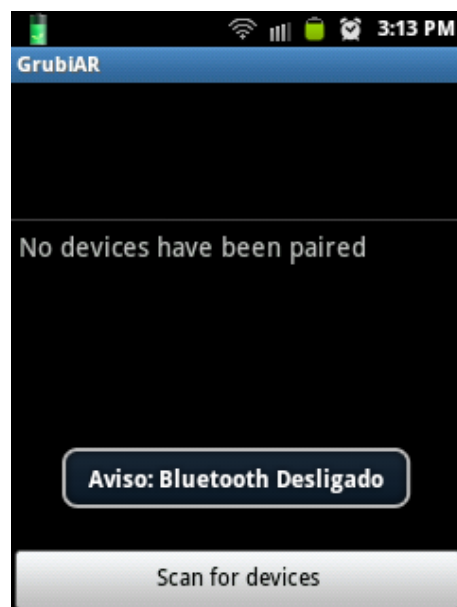


Figura 4.9: Tela do dispositivo móvel avisando erro por Bluetooth desligado

Em ambos os casos apresentados acima, o aplicativo retorna para sua tela principal sem uma conexão. Neste caso o usuário deve pressionar o botão menu do dispositivo móvel, escolher uma das opções apresentadas, habilitar o dispositivo para aquele tipo de conexão e realizar as devidas.

4.1.4 Especificações

Nesta seção será apresentada as especificações técnicas do aplicativo *GrubiAR*. Este software foi criado para visualizar as informações de uma rede de Sensores Sem Fios utilizando a Realidade Aumentada.

A criação do *GrubiAR* teve como requisitos funcionais os itens a seguir:

- *Conexão via Bluetooth*: o aplicativo pode receber os dados de um nó da Rede de Sensores Sem Fios através de uma conexão *Bluetooth*.
- *Conexão via WiFi*: o aplicativo pode receber os dados de uma Rede de Sensores Sem Fios através de uma conexão *WiFi*.
- *Exibição dos dados em tempo real*: os dados exibidos ao usuário são os mensurados pelo nó, se a medição muda, a apresentação dos dados é alterada.
- *Reconhecimento de vários marcadores*: é possível aumentar a quantidade de marcadores no aplicativo, possibilitando a exibição dos dados de inúmeros nós da rede.
- *Apresentação dos dados de marcadores reconhecidos ao mesmo tempo*: o software pode reconhecer mais de um marcador e apresentar informações distintas, porém mantendo a fidelidade da origem dos dados.

Como requisitos não funcionais o aplicativo teve os seguintes itens:

- Escolha de qual dispositivo *Bluetooth* se parear: é apresentada uma lista de dispositivos *Bluetooth* que foram conectados anteriormente, tornando mais rápida a escolha do usuário.
- Buscar novos dispositivos *Bluetooth*: o aplicativo permite descobrir novos dispositivos *Bluetooth* que estão próximos ao dispositivo móvel.
- Configurar Ip e Porta do servidor *WiFi*: o usuário pode querer obter dados de um servidor diferente do padrão da aplicação, desta forma através do menu esta alteração pode ser feita.
- Cores fixas para os paralelepípedos: ou seja, o paralelepípedo no centro do marcador sempre vai ter a mesma cor para qualquer nó sensor, isto vale também para todos os paralelepípedos da direita ou esquerda.
- Tratamento de erros: são apresentadas mensagens ao usuário com a finalidade de informar problemas ocorridos no software.
- Avisos: o aplicativo informa se o *Bluetooth* ou *WiFi* estão desligados ou se não foi possível conectar com o servidor, no caso da conexão *WiFi*

4.1.5 Desenvolvimento

O *GribiAr* utilizou o api *AndAR*, este api possibilita o reconhecimento de marcadores e apresentar objetos 3D por meio de Realidade Aumentada em dispositivos com plataforma android. O uso da Realidade Aumentada foi importante, pois é possível ter a visão do ambiente real e integrar objetos virtuais, essa característica aborda o ponto principal do problema do projeto, a origem dos dados.

Para fazer a obtenção dos dados o aplicativo se utilizou de duas forma, a Figura 4.10 é um exemplo de como os dados são obtidos através do *WiFi* e a

Figura 4.11 por meio do *Bluetooth*. A escolha destes meios de comunicações foi feita através da análise de modelos de rede de Sensores Sem Fios já existentes.

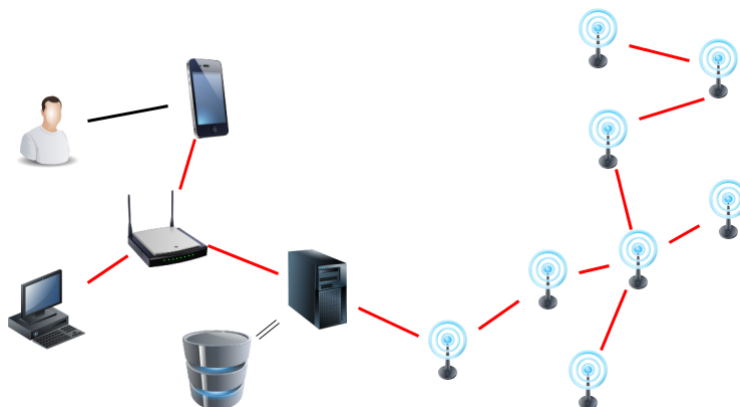


Figura 4.10: Diagrama arquitetural do projeto utilizando WiFi

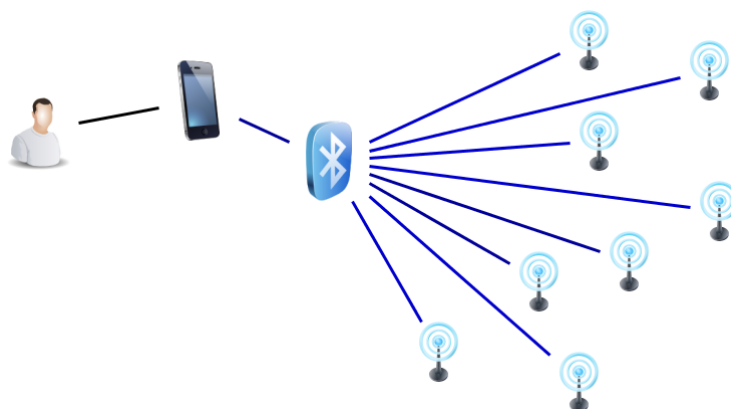


Figura 4.11: Diagrama arquitetural do projeto utilizando Bluetooth

Na conexão *WiFi* a implementação foi feita da seguinte forma: uma versão cliente para o dispositivo móvel e uma versão servidor para o computador, responsável por armazenar os dados da Rede de Sensores Sem Fios. A implementação do cliente é feita através do *Socket*, desta forma é necessário apenas informar o Ip e porta onde o servidor está funcionando, é criada uma conexão e a partir desta ocorre a transmissão dos dados.

O software desenvolvido para o servidor também se utiliza *Socket*, desta forma é criado o servidor, este espera pela conexão do cliente, e através desta conexão são transmitidos os dados ao dispositivo móvel. A Figura 4.12 apresenta um diagrama de como ocorre a comunicação por meio do *WiFi*.

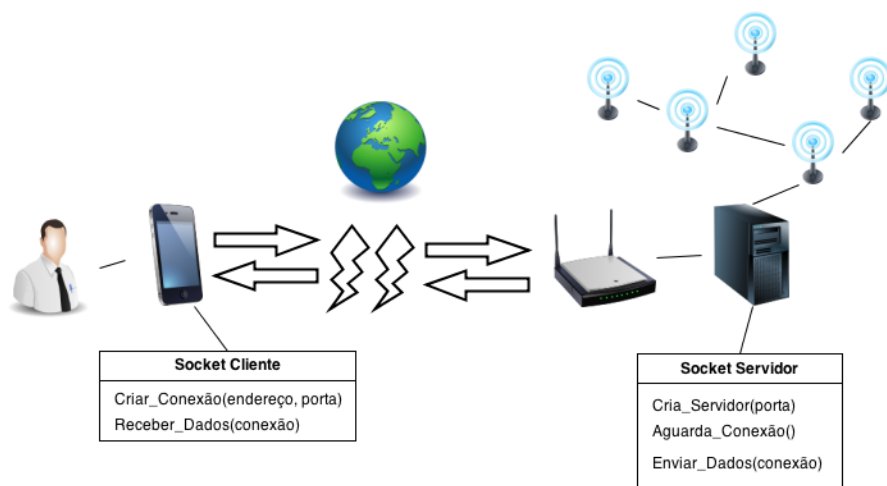


Figura 4.12: Diagrama da comunicação WiFi

A conexão *Bluetooth* foi feita através do módulo para *Arduino* e através do adaptador do dispositivo móvel. Na implementação do *Bluetooth* no dispositivo móvel é criado o adaptador deste tipo de conexão, nele é configurado o endereço do aparelho a ser pareado e a partir da criação desta comunicação são recebidos os dados do *Arduino*.

No *Arduino* os dados são enviados para o módulo *Bluetooth*, o qual fica responsável por estabelecer a conexão com outro dispositivo e enviar os dados que são gravados em seu buffer. A Figura 4.13 apresenta um diagrama de como ocorre a comunicação por meio do *Bluetooth*.

A execução do aplicativo desenvolvido pode ser compreendida através da Figura 4.14. Ao inicializar o aplicativo, caso não esteja conectado ao servidor, o que é provável, o aplicativo irá exibir uma mensagem por não existir conexão e o

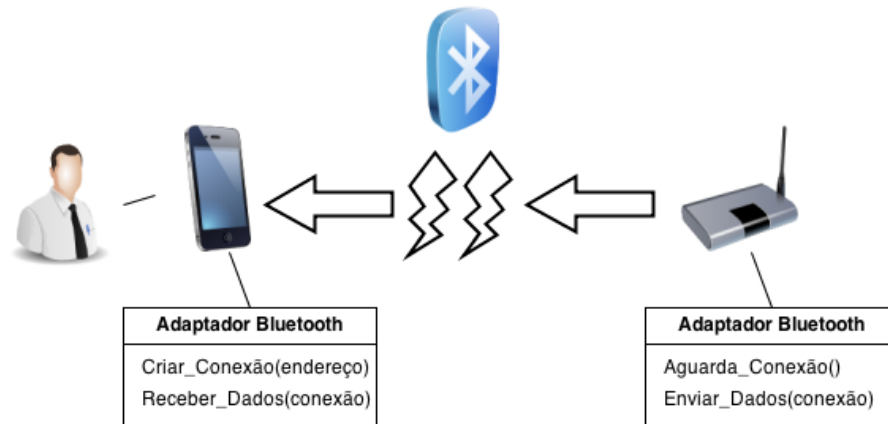


Figura 4.13: Diagrama da comunicação Bluetooth

usuário terá que clicar em menu. Na função menu o usuário irá se deparar com uma escolha do tipo de conexão, *WiFi* ou *Bluetooth*, logo a tela de configuração será exibida. O usuário pode configurar o Ip e a porta em uma conexão *WiFi* ou somente escolher a qual dispositivo parear, na utilização do *Bluetooth*.

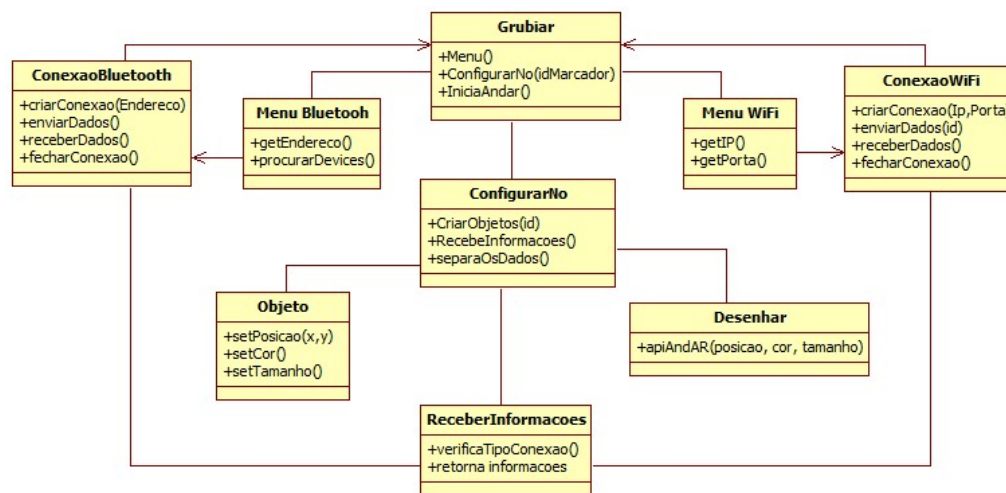


Figura 4.14: Diagrama de Classes do GrubiAR

Depois de configurada a conexão o aplicativo retorna ao seu início para tentar criar uma conexão, caso não seja estabelecida a comunicação, deve-se refazer os

procedimentos anteriormente mencionados. Porém se a conexão for estabelecida o aplicativo habilita o *AndAR* para reconhecer os marcadores, caso isso for possível o software envia a identificação do marcador para solicitar suas informações.

A configuração do nó reconhecido é realizada da seguinte maneira: são estabelecidas as posições de cada sensor do nó, sua cor e em seguida o tamanho, que é a representação da medição, variando de 0 a 100 por cento. Em seguida o aplicativo desenha o objeto na tela, misturando os dados do mundo real com objetos virtuais.

Para manter o usuário atualizado, referente às medições realizadas, o aplicativo possui uma *Thread* que solicita informações de um nó desejado na conexão *WiFi* ou obtém dados do dispositivo *Bluetooth*. Tais informações podem ser exemplificadas pelo texto “2;40;90”, esta informação representa que o nó possui 2 sensores sendo o primeiro com medição de 40 e o segundo com medição de 90. Desta forma, é utilizada uma função que separa os dados obtidos e os atribui aos seus devidos objetos.

A simulação da Rede de Sensores Sem Fios, para enviar a informação ao aplicativo pela conexão *WiFi* foi feita através da implementação de um servidor *Socket*. Este servidor tem a capacidade de reconhecer vários *Arduinos*, conectados pela porta USB e armazenar suas informações. Para a conexão *Bluetooth* foi construído um circuito eletrônico apresentado na metodologia Figura 3.2 e utilizado a mesma implementação da conexão *WiFi*.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentadas as discussões relacionadas aos resultados obtidos na implementação e experimentos do aplicativo desenvolvido.

Os resultados dos experimentos são comparações de aplicativos de visualização de dados em Redes Sensores Sem Fios ou que se utilize Realidade Aumentada com o modelo desenvolvido neste trabalho. As comparações contêm algumas características consideradas importantes para a visualização de dados em uma Rede de Sensores Sem Fios.

5.1 Resultados

O aplicativo *GrubiAR* foi desenvolvido com a finalidade de apresentar os dados de uma Rede de Sensores Sem Fios utilizando a Realidade Aumentada em dispositivos móveis. Os resultados obtidos neste trabalho se baseiam na comparação de software de apresentação de dados utilizando a Realidade Aumentada e de aplicativos para visualização de dados em Rede de Sensores Sem Fios.

Para esclarecer os resultados obtidos neste trabalho, foram analisadas algumas características classificadas como importantes na apresentação dos dados de uma Rede de Sensores Sem Fios. Os testes realizados baseiam-se: no tipo de conexão para obtenção dos dados, plataforma que pode ser utilizada, visualização da origem dos dados e o reconhecimento de marcadores distintos para diferenciar os nós sensores. A Tabela 5.1 e 5.2 apresentam os resultados do experimento.

O *GrubiAR* possui dois tipos de conexão para obtenção de dados, apresenta modificações das informações em tempo real, é possível reconhecer a origem dos dados de forma intuitiva e tem a capacidade de reconhecer marcadores para diferenciar os nós sensores da rede. Tais características tornam o aplicativo capaz de

Tabela 5.1: Análise de aplicativos utilizado na apresentação de dados.

Comparação dos aplicativos			
Aplicativo	Característica 1	Característica 2	Característica 3
GrubiAR	Sim	Sim	Sim
RSSF Para Monitoramento de pequenos Ruminantes	Não	Sim	Sim
SensorWare System	Não	Sim	Não
AR TraceRoute v1.0	Não	Sim	Não

- Característica 1: Obtenção de dados por *Bluetooth*
- Característica 2: Obtenção de dados por *WiFi*
- Característica 3: Visualização de modificações em tempo Real

Tabela 5.2: Análise de aplicativos utilizado na apresentação de dados.

Comparação dos aplicativos			
Aplicativo	Característica 1	Característica 2	Característica 3
GrubiAR	Sim	Sim	Sim
RSSF Para Monitoramento de pequenos Ruminantes	Não	Não	Não
SensorWare System	Sim	Não	Não
AR TraceRoute v1.0	Não	Não	Sim

- Característica 1: Funciona em dispositivos com plataforma Android
- Característica 2: Visualização da origem dos dados
- Característica 3: Reconhecimento de marcadores

visualizar dados de Rede de Sensores Sem Fios ou até mesmo equipamentos que não estão ligados à rede, esta possibilidade de apresentar informações de dispositivos de forma isolada será apresentada no capítulo 6.

Portanto, pode-se afirmar que o trabalho alcançou seus objetivos, foi criado um novo modelo para visualização de dados em uma Rede de Sensores Sem Fios sendo utilizada a Realidade Aumentada para fazer a exibição. Este novo modelo foi alcançado com a criação do aplicativo *GrubiAR*.

5.2 Discussão

Nos resultados obtidos nas comparações do *GrubiAR* com softwares de apresentação de dados, pode-se visualizar que o aplicativo desenvolvido possui todas as características necessárias para atender o novo modelo de apresentação de dados em Rede de Sensores Sem Fios. Os experimentos efetuados com o *GrubiAR* permitiu a visualização da origem dos dados bem como a exibição em tempo real de modificações dos dados.

A Figura 5.1 apresenta um exemplo do funcionamento do aplicativo desenvolvido neste trabalho. Pode-se observar que cada nó sensor é representado por um *Arduino*, para efeito de simulação e que cada microcontrolador possui um marcador diferente, utilizado para diferenciar os nós da rede. No exemplo apresentado, pode-se observar também que os *Arduinos* possuem potenciômetros para simular os sensores de um nó da rede. Assim, conforme é alterado o potenciômetro é apresentado ao usuário um paralelepípedo de tamanho diferente.

Os dados apresentados pelo *GrubiAR* podem ser originados tanto de uma conexão *WiFi* quanto *Bluetooth*, esta característica juntamente com a utilização da Realidade Aumentada para apresentar dos dados, são os grandes diferenciais do software desenvolvido em relação aos aplicativos comparados.

O software *RSSF Para Monitoramento de pequenos Ruminantes* pode ser visualizado na Figura 5.2, nela pode-se observar que não existe uma visão real da posição do nó sensor. Neste aplicativo são utilizadas coordenadas no eixo x e y,

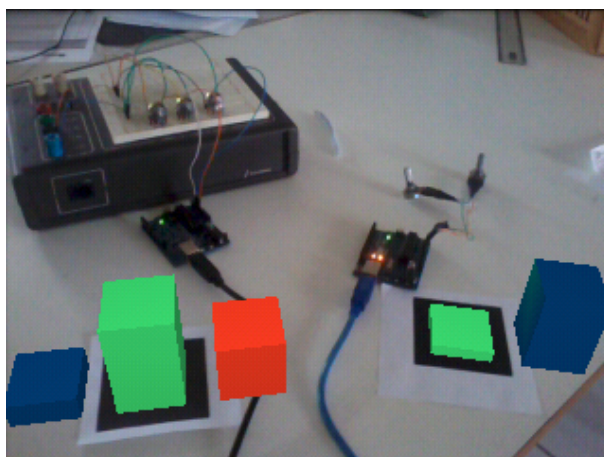


Figura 5.1: Exemplo de funcionamento do GrubiAR

porém tais informações não são obtidas através do *GPS* o que gera uma confusão no entendimento da origem dos dados. Em casos onde o usuário não conhece a região e nem a escala utilizada para diferenciar as distancias no eixo x e y da aplicação, a origem dos dados se torna confusa.

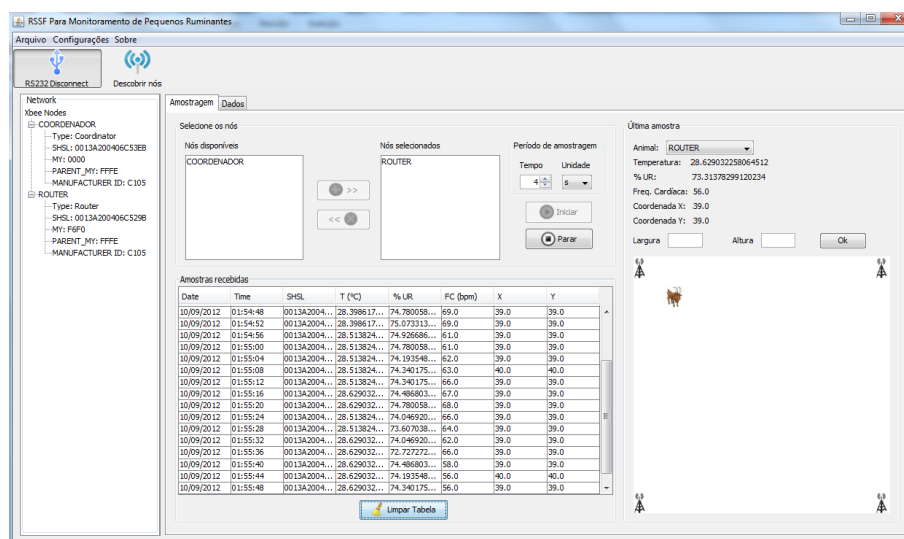


Figura 5.2: Aplicativo RSSF Para Monitoramento de pequenos Ruminantes
(SOARES, 2012)

A aplicação *SensorWare System* não fornece uma orientação de onde está sendo utilizada a aplicação. Neste caso, o software não fornece dados suficientes para possibilitar uma interação do usuário com a aplicação. Em um exemplo onde a região esteja com falta de água, seria de grande interesse ao usuário poder ir ao local e controlar a humidade do solo, porém no aplicativo *SensorWare System* o usuário não consegue tal interação pois não é apresentada nenhuma referencia do local da aplicação.

Pode-se observar na Figura 5.3 que os dados são divididos entre tipos de sensores. No gráfico são utilizadas cores diferentes para representar nós distintos, mesmo assim não é intuitivo para um usuário que não conhece a aplicação, saber a origem dos dados apresentados.

Por fim, o *GrubiAR* é comparado com o software *AR TraceRoute v1.0*. Na comparação realizada, foi tomada como ponto principal a alteração dos dados apresentados.

No aplicativo *AR TraceRoute v1.0* o usuário coloca um endereço ao qual ele deseja saber o caminho e desta forma é apresentado a ele qual foi a rota utilizada para chegar ao destino informado. Uma desvantagem observada nesta aplicação é que a visualização dos dados não ocorre em tempo real. Caso ocorra um problema e um nó da rota seja perdido, o aplicativo ainda informa que aquela rota existe. A Figura 5.4 apresenta um caso de uso do aplicativo *AR TraceRoute v1.0*.

As comparações realizadas neste trabalho mostraram que dos itens considerados importantes para visualização de dados em Rede de Sensores Sem Fios, somente o *GrubiAR* apresenta todas as características. O modelo de visualização de informações criado para resolver as necessidades discutidas neste trabalho traz benefícios quanto à localização da origem dos dados bem como a mobilidade para visualizar as informações.

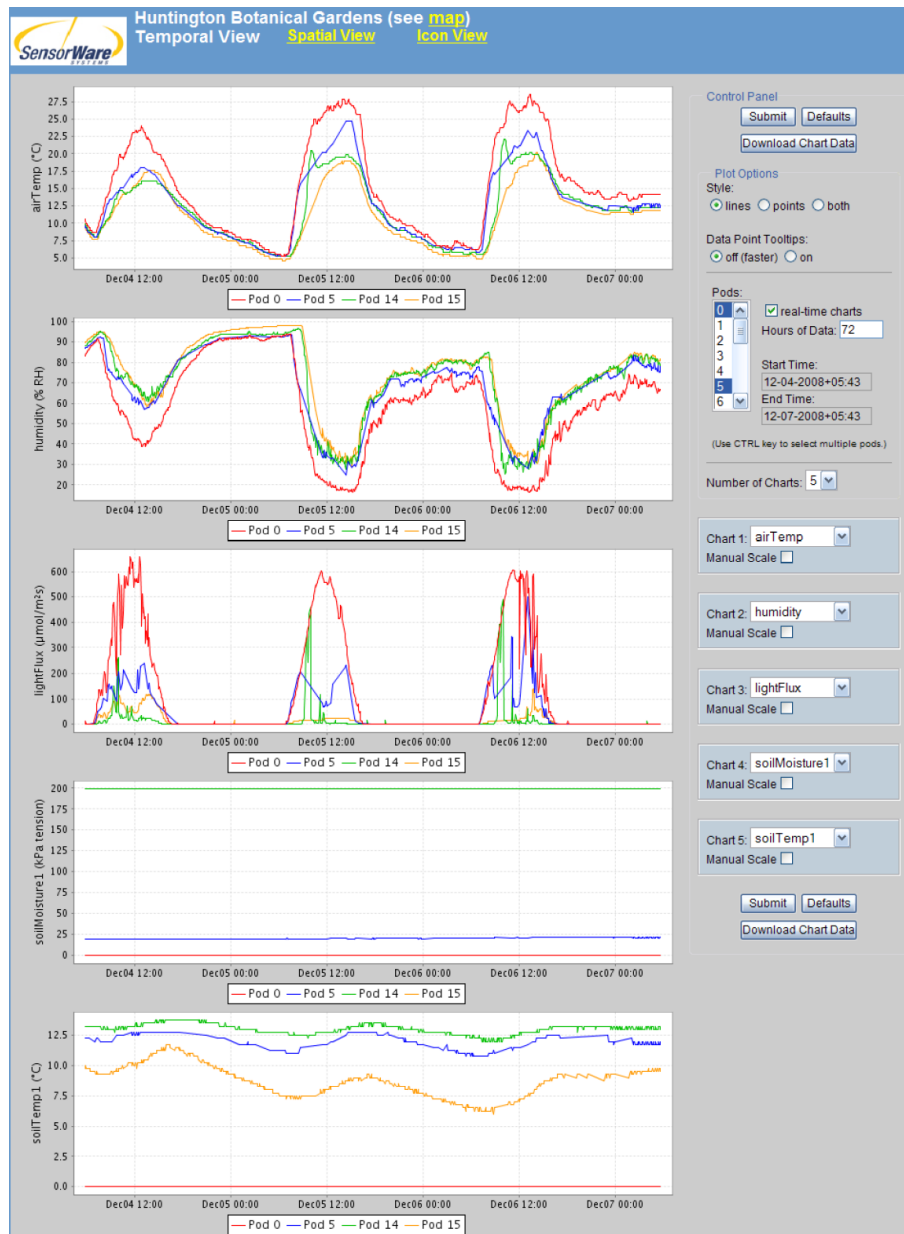


Figura 5.3: Aplicativo SensorWare System

(SENSORWARE, 2013)

Portanto pode-se concluir que a uso do *GrubiAR* permite com que o usuário caminhe pela área onde estão os nós de uma Rede de Sensores Sem Fios, visualize

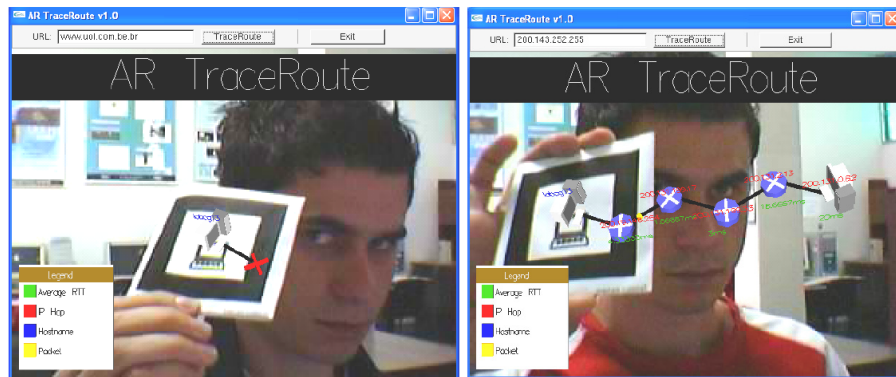


Figura 5.4: Aplicativo AR TraceRoute v1.0
(ZORZAL *et al.*, 2006)

os dados mensurados e também um entendimento da origem dos dados. Deste modo, a solução do problema discutido no presente trabalho é alcançada através do aplicativo desenvolvido.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho desenvolveu um aplicativo de visualização de dados em Redes de Sensores Sem Fios através de Realidade Aumentada em um dispositivo móvel, com sistema operacional *Android*. Foram realizados experimentos utilizando *Arduinos* para representar os nós sensores de uma Rede de Sensores Sem Fios.

Os resultados dos experimentos demonstram as vantagens de se utilizar este modelo de exibição de dados para a resolução do problema de visualização de dados de uma Rede de Sensores Sem Fios. Em comparação a modelos de visualização de dados em Redes de Sensores Sem Fios, não foram realizados testes para comprovar o quanto este novo modelo pode ser mais eficiente. Porém, pode-se observar que o reconhecimento da origem dos dados capturados por um determinado nó, se tornou intuitivo.

O *GrubiAR* foi criado com a finalidade de apresentar dados capturados por nós sensores, entretanto sua utilização não se restringe somente a exibição dos dados capturados pelos nós sensores de uma Rede de Sensores Sem Fios. O aplicativo pode ser expandido para enviar dados para os nós sensores, também pode ser utilizado para exibir informações de equipamentos, pertencendo este ou não a uma Rede de Sensores Sem Fios.

Com relação a trabalhos futuros para o aplicativo desenvolvido neste projeto pode-se empregado em:

Utilização doméstica: o aplicativo desenvolvido neste projeto pode ser utilizado para apresentar informações de equipamentos domésticos, sem que estes sejam pertencentes a uma Rede de Sensores Sem Fios. Como foi explicado no Capítulo 4, pode-se utilizar o *GrubiAR* através de uma conexão *Bluetooth*

ou *WiFi* deste modo, se o equipamento possuir uma destas conexões pode-se obter os dados e apresentar ao usuário.

A Figura 6.1 exibe um exemplo de como pode ser feita a utilização do aplicativo desenvolvido para exibir os dados de um equipamento doméstico. Neste caso o paralelepípedo azul representa a temperatura da geladeira e o outro paralelepípedo representa o consumo de energia. Tais informações podem ser úteis para um usuário que queira economizar. O software permite encontrar um ponto de equilíbrio entre consumo e temperatura da geladeira, neste exemplo.

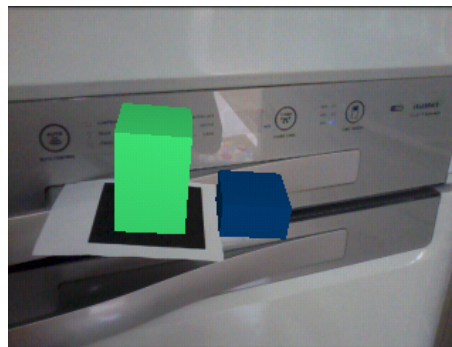


Figura 6.1: Exemplo de utilização do GrubiAR numa geladeira

Envio de dados para os nós sensores: o *GrubiAR* possibilita que o usuário se conecte diretamente com um determinado nó utilizando a conexão *Bluetooth*, neste tipo de conexão é possível expandir as funções do aplicativo para enviar dados.

O envio de dados a um nó da Rede de Sensores Sem Fios pode trazer melhorias para a aplicação da rede. Por exemplo, pode-se enviar a um determinado nó a informação para ele permanecer no estado dormindo por um período maior, em casos onde a bateria do nó esteja no fim da sua vida útil ou casos o objetivo do nó seja é modificado.

O estado dormindo é utilizado para economia de energia ou quando a aplicação não demanda um monitoramento constante, o nó desliga seus sensores e em alguns casos sua comunicação por rádio, com a finalidade de aumentar a vida útil da bateria utilizada. A comunicação do nó com o dispositivo móvel iria permitir manipular as configurações do sensor sem a necessidade de levá-lo à manutenção para ser reprogramado.

Utilização Industrial: neste caso o aplicativo irá utilizar as configurações semelhantes à utilização doméstica, porém os equipamentos são de uso industrial. A Figura 6.2 representa a utilização do aplicativo para verificar os dados mensurados num motor de um carro.

Neste exemplo pode-se utilizar o paralelepípedo vermelho para representar temperatura do motor, azul para rotação e verde representando o consumo de combustível. Este modelo pode ser utilizado com equipes de construção de motores para visualizar o desempenho do equipamento ou mesmo por mecânicos com a finalidade de verificar possíveis problemas no equipamento.

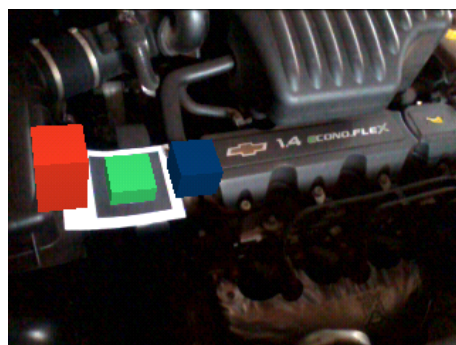


Figura 6.2: Exemplo de utilização do GrubiAR num carro

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKYILDIZ, I.; SU, W.; SANKARASUBRAMANIAM, Y.; CAYIRCI, E. A survey on sensor networks, *communications magazine, ieee*. v. 40, p. 102– 114, 2002.

ARDUINO. *Arduino Uno Revis*. 2013. <http://store.arduino.cc/ww/index.php>. Acessado em: 12/02/2013.

AZUMA, R. T. *A Survey of Augmented Reality, UNC Chapel Hill, In Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 1997.

AZUMA, R. T.; BAILLOT, Y.; BEHRINGER, R.; FEINER, S.; JULIER, S.; MACINTYRE, B. Recent advances in augmented reality. *ieee computer graphics and applications*. p. 34–47., 2001.

BILLINGHURST, M.; KATO, H.; POUPYREV, I. The magicbook - moving seamlessly between reality and virtuality. *computer graphics and applications*. 2001.

BOMAN, D. K. International survey: Virtual environment research, *ieee computer*, 28(6):57-65. 1995.

BOWMAN, D.; KRUIJFF, E.; LAVIOLA, J.; POUPYREV, I. *3d user interfaces: Theory and practice*. boston: Addison-wesley. 2004.

BROLL, W.; LINDT, I.; OHLENBURG, J.; HERBST, I.; WITTKER, M.; NOVOTNY, T. An infrastructure for realizing custom-tailored augmented reality user interfaces. *ieee transactions on visualization and computer graphics*. v. 11, p. 722–733, 2005.

CHANG, S.-H.; MERABTI, M.; MOKHTAR, H. M. Coordinate magnetic routing for mobile sinks wireless sensor networks. In: *AINAW '07: Proceedings*

of the 21st International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2007. p. 846–851. ISBN 0-7695-2847-3.

CHONG, C.-Y.; KUMAR, S. P. Sensor networks: evolution, opportunities, and challenges. *Proceedings of the IEEE*, v. 91, n. 8, p. 1247–1256, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/JPROC.2003.814918>>.

CORREIA, N. Mobile augmented reality. faculdade de ciias e tecnologia, universidade de evora - portugal. 2003.

CROSSBOW. *Imote2 - High-performance Wireless Sensor Network Node*. 2012. http://www.xbow.com/Products/Product_pdf_files/Wireless_pdf/Imote2_Datasheet.pdf. Acessado em: 11/06/2012.

CROSSBOW. *Iris - WIRELESS MEASUREMENT SYSTEM*. 2012. http://www.xbow.com/Products/Product_pdf_files/Wireless_pdf/IRIS_Datasheet.pdf. Acessado em: 11/06/2012.

CROSSBOW. *Mica 2 - WIRELESS MEASUREMENT SYSTEM*. 2012. http://www.xbow.com/products/product_pdf_files/wireless_pdf/mica2_datasheet.pdf. Acessado em: 11/06/2012.

CROSSBOW. *Mica Z - WIRELESS MEASUREMENT SYSTEM*. 2012. http://www.xbow.com/Products/Product_pdf_files/Wireless_pdf/MICAz_Datasheet.pdf. Acessado em: 11/06/2012.

CROSSBOW. *TelosB - WIRELESS MEASUREMENT SYSTEM*. 2012. http://www.xbow.com/Products/Product_pdf_files/Wireless_pdf/TelosB_Datasheet.pdf. Acessado em: 11/06/2012.

CULLER, D.; ESTRIN, D.; SRIVASTAVA, M. Guest editors' introduction: Overview of sensor networks. *Computer*, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, USA, v. 37, n. 8, p. 41–49, 2004. ISSN 0018-9162.

DRESSLER, F. *Self-Organization in Sensor and Actor Networks*. [S.l.]: Wiley, 2007.

FREITAS, E. P. de; HEIMFARTH, T.; PEREIRA, C. E.; FERREIRA, A. M.; WAGNER, F. R.; LARSSON, T. Evaluation of coordination strategies for heterogeneous sensor networks aiming at surveillance applications. In: *IEEE SENSORS 2009 Conference*. [S.l.: s.n.], 2009.

ISHII, H.; ULLMER, B. Tangible bits: Towards seamless interfaces between people, bits and atoms. *proc. acm computer human interaction conf.* 1997.

KARL, H.; WILLIG, A. *Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2005. ISBN 0470095105.

KIRNER, C.; KIRNER, T. G. Virtual reality and augmented reality applied to simulation visualization. in: El sheikh, a.a.r.; al ajeeli, a.; abu-taieh, e.m.o.. (org.). *simulation and modeling: Current technologies and applications*. 1 ed. hershey-ny: Igi publishing. v. 1, p. 391–419, 2007.

KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. Realidade virtual e aumentada: Conceitos, projeto e aplicas. editora sbc sociedade brasileira de computa, porto alegre, 2007. livro do primp, ix symposium on virtual and augmented reality, petris, rj. 2007.

KIRNER, C.; ZORZAL, E. R. Aplicas educacionais em ambientes colaborativos realidade aumentada. xvi sbie2005 simp brasileiro de informca na educa, ufjf, juiz de fora, mg,. 2005.

LOUREIRO, A. A. F.; NOGUEIRA, J. M. S.; RUIZ, L. B.; MINI, R. A. de F.; NAKAMURA, E. F.; FIGUEIREDO, C. M. S. Redes de sensores sem fio. In: *Tutoriais do Simp Brasileiro de Redes de Computadores*. [S.l.: s.n.], 2003.

MAINWARING, A.; CULLER, D.; POLASTRE, J.; SZEWCZYK, R.; ANDERSON, J. Wireless sensor networks for habitat monitoring. In: *WSNA*

'02: *Proceedings of the 1st ACM international workshop on Wireless sensor networks and applications*. New York, NY, USA: ACM, 2002. p. 88–97. ISBN 1-58113-589-0.

MILGRAM, P.; TAKEMURA, H.; UTSUMI, A.; KISHINO, F. Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *telem manipulator and telepresence technologies*, spie., v. 2351, 1994.

RASKAR, R.; WELCH, G.; LOW, K. L.; BANDYOPADHYAY, D. Shader lamps: Animating realobjects with image-based illumination, in *proceedings of eurographics rendering workshop*. p. 89–102, 2001.

RUIZ, L. B.; CORREIA, L. H. A.; VIEIRA, L. F. M.; MACEDO, D. F.; NAKAMURA, E. F.; FIGUEIREDO, C. M. S.; VIEIRA, M. A. M.; BECHELANE, E. H.; CAMARA, D.; LOUREIRO, A. A.; NOGUEIRA, J. M. S.; JR, D. C. da S. *Arquiteturas para Redes de Sensores Sem Fio*. 2004.

SANTIN, R.; KIRNER, C.; GARBIN, T. R.; DAINESE, C. A. As interativas em ambientes de realidade aumentada com artoolkit. *proc. of vii symposium on virtual reality*, sp. 2004.

SENSORWARE. *Visualization of Sensor Web Pods*. 2013. <http://caupanga.huntington.org/swim/>. Acessado em: 13/01/2013.

SILVA, R. L. S. e. a. *Augmented Reality for Scientific Visualization: Bringing DataSets inside the RealWorld*. LNCC, National Laboratory for Scientific Computing, Petropolis , RJ, Brazil. 2004.

SOARES, S. A. F. Rede de sensores sem fio para localiza e monitoramento de pequenos ruminantes. 2012.

STUDIERSTUBE. 2012. <http://www.icg.tugraz.at/project/studierstube>. Acesso em 28/05/2012.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. Livro do primp. fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada. editora sbc, viii symposium on virtual reality. 2006. Belem PA.

TRUYENQUE, M. A. Q. Uma aplica de visomputacional que utiliza gestos da mara interagir com o computador. rio de janeiro, disserta de mestrado - departamento de informca, pontifa universidade cata do rio de janeiro. 2005.

WAGNER, F. R. D.; SCHMALSTIEG, D. First steps towards handheld augmented reality. iswc 03: Proceedings of the 7th ieee international symposium on wearable computers, ieee computer society, washington, dc, usa,. p. 127, 2003.

ZHOU, Z. e. a. Interactive entertainment systems using tangible cubes, australian workshop on interactive entertainment. p. 19–22, 2004.

ZORZAL, E. R. *Realidade Aumentada. Vos: ARStarWars*. 2012. http://realidadeaumentada.com.br/home/index.php?option=com_content&task=view&id=25&Itemid=43. Acesso em 05 de set. 2012.

ZORZAL, E. R.; BUCCIOLI, A. A. B.; CARDOSO, A.; KIRNER, C.; JNIOR, E. L. Usando realidade aumantada para visualiza de informas de trgo em rede de computadores. 2006.